Akademie der Wissenschaften in Wien
Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Sitzungsberichte

Abteilung I

130. Band

Jahrgang 1921 — Heft 1 bis 10

(Mit 6 Tafeln, 31 Textfiguren und 1 Kartenskizze)

Gedruckt auf Kosten des Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

30657

Wien, 1921
Aus der Staatsdruckerei
In Kommission bei Alfred Hölder
Universitätsbuchhändler
Buchhändler der Akademie der Wissenschaften

Inhalt

Seite

Brunswick H., Der mikrochemische Nachweis pflanzlicher Blausäreverbindungen. Eine neue mikrochemische Methode zum Nachweis von Cyanwasserstoff und Emulsin. (Mit 1 Textfigur.) 383

Diener C., Die Faunen der Hallstätter Kalke des Feuerkogels bei Aussee. (Mit 1 Textfigur.) 21

Geitler L., Versuch einer Lösung des Heterocysten-Problems. (Mit 1 Tafel.) 223

Handel-Mazzetti H. und **Köhler A.**, Die in Guidschou (»Kweitschou«) und Hunan gesammelten Gesteine. (Mit 2 Textfiguren und 1 Kartenskizze.) 437

Huber B., Zur Biologie der Torfmoororchidee *Liparis Loeselii* Rich. (Mit 1 Tafel.) 307

Kerner-Marilaun F., Bauxite und Braunkohlen als Wertmesser der Tertiärklimate in Dalmatien. (Mit 1 Textfigur.) 35

Klein G., Studien über das Anthochlor. (II. Mitteilung.) (Mit 1 Tafel.) 247

Klein G., Die Verbreitung des Hesperidins bei den *Galieae*. (Ein neuer Fall von chemischen Rassen.) 295

Kober L., Regionaltektonische Gliederung des mittleren Teiles der ostalpinen Zentralzone. (Mit 1 Textfigur.) 375

Krasser F., Zur Kenntnis einiger fossiler Floren des unteren Lias der Successionsstaaten von Österreich-Ungarn. 345

Piskernik A., Über die Einwirkung fluoreszierender Farbstoffe auf die Keimung der Samen. (Mit 1 Tafel.) 189

Priesner H., Beiträge zur Lebensgeschichte der Thysanopteren. I. *Thrips klapaleki* Uz., ein Orchideenschädling. (Mit 6 Textfiguren.) 215

Ruttner F., Das elektrolytische Leitvermögen verdünnter Lösungen unter dem Einflusse submerser Gewächse. I. (Mit 4 Textfiguren.) 71

Schröder B., Phytoplankton aus Seen von Mazedonien. (Mit 12 Textfiguren.) 147

Schussnig B., Ein Beitrag zur Kenntnis der Cytologie von *Tuber aestivum* Vitt. und 3 Textfiguren.) 127

Schwenk A., Über Mikroorganismen in der Wiener Hochquellenwasserleitung. 111

Sölch J., Das Grazer Hügelland. Ein Überblick über seine geomorphologische Entwicklung. 265

Tornquist A., Ein »Fenster« des Tauerndeckensystems inmitten der Murauer Granatglimmerschieferdecke südlich des Preber. (Mit 1 Profiltafel.) 329

Wettstein F. v., Das Vorkommen von Chitin und seine Verwertung als systematisch-phylogenetisches Merkmal im Pflanzenreich. 3

Akademie der Wissenschaften in Wien
Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Sitzungsberichte

Abteilung I

Mineralogie, Krystallographie, Botanik, Physiologie der Pflanzen, Zoologie, Paläontologie, Geologie, Physische Geographie und Reisen

130. Band. 1. bis 3. Heft

Das Vorkommen von Chitin und seine Verwertung als systematisch-phylogenetisches Merkmal im Pflanzenreich

Von

Fritz v. Wettstein

(Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie, Berlin-Dahlem)

(Vorgelegt in der Sitzung am 10. Februar 1921)

Die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der Zellmembranen bei den Thallophyten ist noch nicht weit fortgeschritten. Eine große Zahl Einzelbeobachtungen ist vorhanden, doch fehlt meist ein Zusammenhang, ein Bild, wie es uns zum Beispiel die Zusammenstellung bei Tunmann (13), p. 610 bis 612, oder bei Czapek (3), p. 629 ff., bietet. Bei der oft geringen Zahl morphologischer Anhaltspunkte, welche die systematisch-phylogenetische Forschung dieser Gruppen findet, ist es selbstverständlich, daß auch die Chemie der Membranen wie überhaupt chemische Merkmale der Zellen stärker herangezogen wurden. Ich erinnere an die starke Betonung von Stoffwechselunterschieden in der Systematik verschiedener Algengruppen. Doch sind wir in der Durcharbeitung der chemischen Zusammensetzung (ich beschränke mich jetzt auf die Zellmembran) noch lange nicht so weit, daß ihre Ergebnisse bereits in weitgehenderem Maße systematisch verwertet werden können.

Unter den verschiedenen in diesen Zusammenhang gehörenden Substanzen ist eine, die besonders gut charakterisiert ist und über die bereits eine Reihe wichtiger Untersuchungen, besonders durch van Wisselingh (18 bis 20) vorliegen, das Chitin. Nachdem durch Gilson und Winterstein [Literatur bei Molisch (11) und Tunmann (13)] sichergestellt war, daß es sich bei dem charakteristischen Membranstoff der Pilze um Chitin und um dieselbe Substanz handelt, die im Tierreich weit verbreitet ist, wurde in verschiedenen Pflanzengruppen nach dieser Zellgerüstsubstanz gesucht und es liegen viele Angaben über ein Vorkommen vor. Die einigermaßen einwandfreien früheren Angaben seien zusammengestellt.

Flagellata: Keine sicheren Angaben.
Myxophyta: *Plasmodiophora brassicae* [Wisselingh (18)].
Schizophyta: Bei Bakterien und Cyanophyceen eine Reihe widerstreitender Angaben [Zusammenstellung bei Czapek (3)].
Zygophyta:
Phaeophyta: Keine Angaben.
Rhodophyta:
Euthallophyta: Unter den Chlorophyceen *Geosiphon* [Fr. Wettstein (17)], unter den echten Pilzen bei sehr vielen Formen [Zusammenstellung bei van Wisselingh (18)].
Cormophyta: Keine einwandfreie Angabe.

Alle anderen Mitteilungen über ein Vorkommen von Chitin oder »chitinähnlichen« Substanzen, Pseudochitin usw., die sich in der Literatur besonders bei Flagellaten finden, habe ich in allen den Fällen unberücksichtigt gelassen, wo es sich um ungenaue, beiläufige Angaben über Einzelfälle aus Gruppen handelt, bei denen meine Nachprüfungen sonst niemals Chitin nachweisen konnten.

Aus dieser Zusammenstellung ergab sich die Möglichkeit, daß Chitin nur bei nichtautotrophen Thallophyten als Membranstoff auftrete und eine Abhängigkeitsbeziehung zwischen heterotropher Ernährung und Chitinbildung bestehen könnte, worauf auch das Vorkommen im Tierreich hinzudeuten schien. Ich habe zur Entscheidung dieser Frage heterotrophe Formen aus allen Gruppen geprüft, ferner auch Organe an sonst autotrophen Pflanzen, die in ihrer Ernährung sicherlich heterotropher Natur sind, wie der Gametophyt der Gymnospermen und Angiospermen. Es wurden außer Myxophyten, Schizophyten und Euthallophyten, auf die ich später näher eingehen werde, bei denen sich aber, wie gleich hervorgehoben sei, nur bei der letzten Gruppe Chitin nachweisen läßt, farblose Flagellaten in großer Zahl, Zygophyten, Rhodophyten (*Janczewskia,* und als Kontrolle verschiedene autotrophe Formen in allen Entwicklungsstadien), Phaeophyten und Cormophyten, wie *Neottia, Epipogon, Corallorhiza, Monotropa, Orobanche, Lathraea, Cytinus*, ferner Prothallien vieler Gymnospermen und Embryosäcke von Angiospermen untersucht. Weder an heterotrophen noch an irgend einem Entwicklungsstadium autotropher Pflanzen dieser Gruppen läßt sich Chitin nachweisen und die oben angedeutete Abhängigkeitsbeziehung besteht nicht.

Bei Myxomyceten und Schizophyten weichen die verschiedenen Angaben stark voneinander ab und darum will ich auf diese, gleichfalls in negativem Sinne entscheidenden Untersuchungen an diesen Gruppen näher eingehen, bevor ich die Einzelheiten innerhalb der Euthallophyten diskutiere. Vorerst sei aber ein Überblick über die mikrochemischen Reaktionen gegeben, die von van Wisselingh eingeführt, für die Erkennung dieser Substanz brauchbar sind. Es kamen ja leider nur mikrochemische Reaktionen für diese Untersuchungen in Betracht, da bei der geringen Größe der Objekte ein Isolieren der Zellwände unmöglich ist und die ungereinigte Masse der Organismen mehr Fehlerquellen bietet bei makrochemischen Methoden, denn bei mikrochemischen. Besonders bei Bakterien ist dieser Umstand wesentlich. Auf die chemische Zusammensetzung des Chitins möchte ich nicht weiter eingehen, nachdem die Analysen noch zu keiner Einigung geführt haben. Es handelt sich um ein stickstoffhaltiges Polysaccharid von geringer Reaktionsfähigkeit mit anderen Substanzen, weshalb auch die Erkennung des Chitins nur dadurch möglich ist, daß es sich durch Erhitzen mit hochprozentiger Kalilauge in Chitosan überführen läßt, das mit den verschiedensten Substanzen schöne, klar erkennbare Farbenreaktionen gibt.

Die Durchführung dieser Reaktionen ist nicht immer leicht. Sehr exaktes Arbeiten mit absolut chemisch-reinen Substanzen ist Bedingung. Dabei möchte ich von vornherein betonen, daß nur die einwandfreie Übereinstimmung einer ganzen Reihe von verschiedenen Reaktionen und einer großen Zahl gleicher Reaktionen und andauernde Kontrolle an Objekten mit sicherem Chitingehalt zu klaren Resultaten führt. Auf die Berücksichtigung dieser Fehlerquellen wird in den Büchern von Molisch (11) und Tunmann (13) immer wieder verwiesen und diese Hinweise können nicht eindringlich genug wiederholt werden. Viele der die Literatur so belastenden unrichtigen Angaben sind auf die nicht genügend kritisch angewandte mikrochemische Methode zurückzuführen, und ein als positiv angegebenes Resultat durch negative Befunde zu berichtigen, ist immer eine mißliche Sache. Ich bin bei meinen ersten Chitinuntersuchungen anfangs auch oft in die Irre gegangen, doch konnten diese Fehler immer durch kritischen Vergleich verschiedener Reaktionen vermieden und korrigiert werden. Nachdem schon früher durch van Wisselingh (18) die ausgezeichnete Chitosanreaktion mit Jod und Schwefelsäure angegeben wurde, stellte dieser Autor (19) neuerdings noch eine Reihe neuer Reaktionen zusammen, die sehr wertvolle Dienste leisten. Diese Proben beruhen alle auf der Erkennung des Chitosan. Dieses wird aus Chitin durch Einwirkung von 50 bis 60% Kalilauge während ungefähr einer halben Stunde bei gleichzeitiger Erhitzung auf 160° C erhalten. Die einzige Methode, die hier durchzuführen ist, ohne die meist zarten Objekte bis zur Unkenntlichkeit zu zerstören, ist die Erhitzung in zugeschmolzenen Röhrchen im Ölbade, wie sie van Wisselingh öfters beschreibt (18, 19). Anfängliche Mißstände beim Zuschmelzen der Röhrchen beseitigt einige Übung. Die von Vouk (15) empfohlene Modifikation, die Objekte in konzentrierter Kalilauge offen zu kochen, ist bei gröberen Objekten, wie Teile von Hutpilzen usw., sehr gut durchführbar, für feineres Material ist sie aber unmöglich, die Objekte werden so zerstört, daß ein orientierender Zusammenhang nicht mehr zu gewinnen ist. Nach der Erhitzung wird die Kalilauge allmählich durch starken Alkohol in Abstufungen bis zu destilliertem Wasser verdrängt, der mehr oder weniger rasche Übergang richtet sich nach der Natur der Objekte. Durch Alkohol erfolgt gleichzeitig eine sehr nützliche Härtung des Materiales. Das nun in den Präparaten vorhandene Chitosan gibt folgende Reaktionen: Durch Zusatz von Jodjodkalium und einer verdünnten Säure erzielt man rotviolette Färbung. Am einfachsten ist die Verwendung von 1 bis 5$^0/_0$ Schwefelsäure, die Konzentration darf aber nie höher genommen werden, da durch starke Konzentration der rotviolette Farbton verschwindet und anderseits schon schwach konzentrierte Schwefelsäure Zellulosereaktion erscheinen läßt, die in schwacher Form sehr ähnliche Farbtöne gibt und sehr leicht verwechselt werden kann. Durch verdünnte Phosphorsäure, Salzsäure, Essigsäure, Zitronensäure, ja sogar Kaliumbisulfat läßt sich die Schwefelsäure ersetzen, dabei treten aber alle Farbenstufen von Rotviolett bis Blauviolett auf. Eine Übereinstimmung aller dieser Proben gibt ein sehr wertvolles Kriterium |Näheres bei van Wisselingh (19)|.

Von den zahlreichen anderen Reaktionen, die dieser Autor angibt, möchte ich als besonders wertvoll noch folgende, auch leicht anwendbare erwähnen. Durch Behandeln chitosanhaltiger Objekte mit Ferrocyanwasserstoffsäure und Zusatz eines Ferrisalzes oder mit Ferricyanwasserstoffsäure und einem Ferrosalz erhalten die chitosanhaltigen Stellen Blaufärbung durch die Bildung von Berlinerblau. respektive Turnbullsblau. Ferner erzielt man durch Pikrinsäure dauernde, nicht auswaschbare Gelbfärbung, durch naphthochinonsulfosaures Natrium eine Orangefärbung, die gegen verdünnte Salz- oder Schwefelsäure resistent, in verdünnter Kalilauge (5 bis 10$^0/_0$) dagegen in Olivgrün umgewandelt wird. Alle diese letzteren Reaktionen sind aus dem Grunde so sehr wertvoll, weil gerade die Jodschwefelsäure-Reaktionen sehr leicht zu den irreführendsten Verwechslungen mit anderen Zellwandstoffen (Amyloid, Zellulose) und vielen Zellinhaltsstoffen (Kohlehydraten), die sich an die Innenseite der Zellwände anlegen, führen, da sie ähnliche Farbtöne ergeben. Die von van Wisselingh angegebene Reinigung der Objekte durch Erhitzen in Glycerin auf 300° trägt sehr zur Vermeidung von Irrtümern bei.

Zu diesen Untersuchungen kommt noch die Prüfung des Chitins selbst, Löslichkeit in konzentrierter Salzsäure, Schwefelsäure, wobei Braunfärbung eintritt, Färbung mit Chlorzinkjod usw.

[vergl. Molisch (11) und Tunmann (13)], doch treten die Reaktionen an Bedeutung sehr zurück und sind nur als Ergänzung zu gebrauchen, immer aber muß betont werden, daß eine einzelne Reaktion wertlos ist und nur die Übereinstimmung möglichst vieler einer Kritik wirklich standhält.

Mit Hilfe dieser Reaktionen habe ich die Angaben über das Vorkommen von Chitin im Pflanzenreich möglichst vollständig nachgeprüft. Wie bereits erwähnt, waren es schließlich nur drei Gruppen, die näher untersucht werden mußten: Myxomyceten, Schizophyten und Euthallophyten.

Die Membranstoffe der Myxomyceten.

Darüber, daß in dieser Gruppe mit Ausnahme von *Plasmodiophora Brassicae* Wor. Chitin nicht nachzuweisen ist, sind sich alle Autoren [Jahn (8), van Wisselingh (18, 19)] einig. Ich selbst habe folgende Arten untersucht: *Arcyria punicea* Pers., *Comatricha nigra* (Pers.), *Fuligo septica* Gmelin, *Hemitrichia rubiformis* (Pers.), *H. clavata* (Pers.), *Lycogala epidendron* (L.), *Stemonitis fusca* Roth, *Reticularia umbrina* Bull., *Trichia contorta* (Ditm.). Bei keiner Art fand ich diese Substanz. Chitin kommt also bei Myxomyceten nicht vor. Auf *Plasmodiophora* komme ich später noch zurück. Über das Vorkommen von Zellulose finden sich von de Bary (4) Angaben für junge Zustände von *Arcyria*, *Lycogala* und *Trichia*, ebenso von Jahn (8) für *Comatricha* und *Stemonitis*, ferner von van Wisselingh bei *Didymium squamulosum* (Alb. et Schw.), dagegen fand letzterer bei *Fuligo septica* Gmelin (18) keine Zellulose. Ich habe die oben angeführten Arten auch nach dem Vorhandensein dieser Substanz durchgeprüft. Meist gelingt die Reaktion nicht ohne weiteres. Bei der größeren Zahl der untersuchten Arten konnte ich Zellulose nicht nachweisen. Bei *Stemonitis* und *Comatricha* aber wurden die Angaben Jahn's (8) bestätigt, daß Blaufärbung mit Jodschwefelsäure und Chlorzinkjod auftritt, doch nicht, wie Jahn bereits hervorhub, in allen Stadien, und selbst bei eintretender Blaufärbung sind die Löslichkeitsverhältnisse in Kupferoxydammoniak und konzentrierter Schwefelsäure andere, oft ganz verhindert oder unvollständig. Ob dies seinen Grund im Auftreten einer andern Modifikation von Zellulose hat, wie Jahn (p. 293) andeutet oder wie mir wahrscheinlicher vorkommt, darauf zurückzuführen ist, daß andere begleitende Membranstoffe die Zellulosereaktion verhindern, vermag ich nicht sicher zu entscheiden. Freilich gelingt es nicht durch van Wisselingh's Glycerinverfahren oder andere Mittel (Einwirkung von Chromsäure) solche Begleitstoffe zu entfernen. Anderseits erinnere ich an die Membranen der Siphoneen, bei denen auch oft die Reaktion der vorhandenen Zellulose durch andere Stoffe verhindert wird. Jedenfalls ist überhaupt in den Membranen der Myxomyceten eine große Zahl interessanter Stoffe lokalisiert, worauf ja auch die lebhaften Farben hindeuten. Zellulose kommt also als Bestandteil dieser Membranen vor, doch spielt beim Aufbau eine andere Gruppe von Substanzen die Hauptrolle. Ich konnte feststellen, daß die Membranen dieser Pilze, des Kapillitiums, der Sporen und der Sporangienwände von Substanzen zusammengesetzt sind, die eiweißartigen Charakter tragen und wohl in die Gruppe der Keratine gehören. Sie geben die Eiweißreaktionen. Mit Salpetersäure tritt Gelbfärbung ein, Zusatz von Ammoniak färbt orangegelb, von Natriumhydroxyd braun. Die Millon'sche Probe ist deutlich und Zucker + Schwefelsäure gibt meist eine purpurne Färbung, selten mehr violett. Die starke Schwarzfärbung durch Kalilauge und Bleiacetat deutet auf den für die Keratine charakteristischen Reichtum an abspaltbarem Schwefel. Die Substanzen sind nur in heißen Laugen und Säuren löslich. Sehr störend wirken hier verschiedene Farbstoffe, die aber meistens durch sehr schwache Chromsäure oder Kaliumpermanganat + Schwefelsäure entfernt werden können. Die Zugehörigkeit zu den Keratinen scheint mir sehr wahrscheinlich und in der Verbreitung dieser Substanzen zeigt sich bei den untersuchten Formen große Einheitlichkeit. Der Stamm der Myxophyten erscheint durch die Zusammensetzung aus Keratinen, durch das Zurücktreten von Zellulose der Membranen und Fehlen von Chitin gegenüber den übrigen Pflanzenstämmen, bei denen eiweißartige Substanzen als Membranbildner fehlen, scharf charakterisiert.

Die Membranstoffe der Schizophyten.

Über die Natur der in dieser Gruppe vorhandenen Membransubstanzen gehen die Angaben sehr weit auseinander. Bei Schizophyceen fanden Hegler (7) und Kohl (10) Chitin verbreitet, dagegen bestritten van Wisselingh (18) und Wester (16) dieses Vorkommen. Dieselbe Meinungsverschiedenheit bestand auch über das Auftreten von Zellulose. Eine seither erschienene Arbeit von Klein (9) über die Chemie der Zellhaut der Cyanophyceen hat hier Klarheit geschaffen. Mehrere Arten von *Oscillatoria, Lyngbia, Schizothrix, Hydrocoleum, Scytonema, Tolypothrix, Dichothrix, Rivularia, Nostoc* und *Anabaena* wurden geprüft. Klein kommt zu dem mit van Wisselingh und Wester übereinstimmenden Ergebnis, daß Chitin bei Cyanophyceen nicht vorhanden ist. Ich konnte dies bestätigen. Die Membran besteht vorwiegend aus Pektinstoffen. Außerdem findet sich in den innersten Schichten der Scheiden von Scytonemataceen und Rivulariaceen, bei *Schizothrix* und in den Heterocysten der solche bildenden Formen Zellulose.

Im Brennpunkt des Interesses steht die Frage des Vorkommens von Chitin bei Bakterien. Van Wisselingh (20) faßt 1916 alle hiehergehörenden Angaben neuerdings kritisch zusammen. Die meisten Angaben halten einer kritischen Prüfung nicht stand und nach neuerdings durchgeführten Reaktionen an einer großen Zahl verschiedener Bakterien kommt van Wisselingh zu seiner früheren Ansicht, daß Chitin bei Bakterien als Membranstoff fehlt, betont aber, daß die einzigen Angaben, die einwandfrei erscheinen und die für ein Vorkommen sprechen, von Viehoever (14) gemacht sind, die darum einer Aufklärung bedürfen. Dank dem überaus großen Entgegenkommen des Herrn Geheimrates Prof. Dr. A. Mayer, dem ich an dieser Stelle meinen ergebensten Dank sagen möchte, war ich in der Lage, an den gleichen Bakterienstämmen, mit denen Viehoever gearbeitet hatte, meine Nachprüfungen anzustellen. Ich untersuchte:

Bacillus alvei Krompecher.
» *asterosporus* A. M.
» *probatus* A. M. et Viehoever.
» *robur* A. M. et Neide.
» *sphaericus* A. M. et Neide.
» *subtilis* Cohn.
» *tumescens* Zopf.
Sarcina ureae Beijerinck.

Es war mir von vornherein wahrscheinlich, daß es sich nur um eine Fehlerquelle in der Methodik bei einem der Untersucher handeln konnte, da es doch auffallend war, daß mit der gleichen Reaktion van Wisselingh bei keiner einzigen der vielen Bakterien, die er untersuchte, Chitin nachweisen, während Viehoever bei allen Formen die Substanz finden konnte. Ich habe zuerst genau nach der Vorschrift van Wisselinghs gearbeitet und dabei ebenfalls feststellen können, daß bei der Erhitzung vollständige Auflösung der Bakterien erfolgt, sie sind unauffindbar. Jede chitinöse Membran übersteht aber diesen Prozeß leicht und ist gar nicht empfindlich, selbst wenn es sich um sehr zarte Objekte wie Mucorineenhyphen handelt. Dies spricht einwandfrei gegen die Anwesenheit von Chitin. Die Möglichkeit, mit kürzerer Einwirkungsdauer ein Verbleiben der Membranteile zu erzwingen, wie es Viehoever versuchte, scheint mir aber von falschen Voraussetzungen auszugehen.

Ich habe nun auch diese abgekürzten Verfahren vorgenommen, indem ich Kalilauge von 10% bis konzentriert, bei Temperaturen von Zimmertemperatur bis 200° und Einwirkungsdauer von fünf Minuten bis zu einem halben Jahre einwirken ließ. Immer erreichte ich dasselbe Ergebnis. War noch eine Spur der Bakterien festzustellen, ergab sich keine Chitinreaktion, war der Prozeß weiter fortgeschritten, waren die Bakterien verschwunden. Diese Prüfungen wurden mit denselben Bakterien durchgeführt, auf die sich Viehoever besonders stützt, *Bacillus asterosporus* und *probatus*. Der Autor gibt eine Reihe Farbentöne an, die bei Zusatz von

Jodjodkalium und Schwefelsäure auftreten sollten und als Chitinreaktion gedeutet wurden. Ich erhielt dieselben Erscheinungen, Farbentöne von rosa in allen Abstufungen bis dunkelrotbraun, auch ganz farblose und braune Individuen. Es war aber ein Irrtum, diese als Chitinreaktion zu deuten, denn diese Farbenreaktionen sind nicht eine Folge des Zusatzes von Jod und Schwefelsäure, sondern sie treten auch schon bei Einwirkung von Kalilauge allein auf und werden nur deutlicher durch den Zusatz von Schwefelsäure. Jodjodkalium ist dabei überhaupt nicht notwendig, ebenso wie Zusatz von konzentrierterer Schwefelsäure (50%) diese Farbtöne dunkler und deutlicher macht, während bei der Chitinreaktion hier schon Entfärbung beginnt.

Viehoever selbst betont (p. 447), daß es unmöglich ist, das gleiche Objekt beim Durchsaugen verschiedener Lösungen immer zu beobachten. Darum konnte diese Fehlerquelle ausschlaggebend sein. Trotzdem gelingt es durch Eintrocknen auf dem Deckglas manchmal eine oder die andere Zelle dauernd zu beobachten und dann bekommt man ein einwandfreies Resultat. Diese violetten Färbungen sind also die direkte Folge einer Reaktion eines unbestimmten Stoffes mit Kalilauge, was Viehoever anscheinend auch gesehen hat (p. 447), wobei auch er angibt, daß diese Färbung nicht nur in der Membran der Sporen oder Oidien, sondern auch in den Schleimen, besonders bei *B. asterosporus* auftritt. Das Verhängnisvolle war, daß gerade ein Farbton auftrat, der mit dem der Chitosanjodschwefelsäure-Reaktion zu verwechseln war. Es mußte also diese Verwechslung einwandfrei zutage treten, wenn die anderen van Wisselingh'schen Reaktionen mit Pikrinsäure, Cyanwasserstoffsäure und naphthochinonsulfosaurem Natrium angewendet wurden, die andere Farbentöne geben. Dabei trat nie eine Chitosanreaktion auf, auch unter allen Vorsichtsmaßregeln, die Viehoever angibt, gutes Auswaschen der Kalilauge, Anwendung bester Zeiß'scher Optik bei Tageslicht usw. Das letzte Glied dieser Beweisführung, die Analyse der Substanz, die mit Kalilauge Rotfärbung gibt, muß ich leider schuldig bleiben. Ich vermute, es handelt sich um ein Produkt des Ernährungsstoffwechsels der Bakterien, worauf seine verschiedene Menge in den einzelnen Zellen und die dadurch bewirkten Abstufungen der Farben hindeuten.

Damit sind die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen über die Bakterienmembranstoffe in Einklang zu Gunsten der Annahme van Wisselingh's gebracht, daß sich Chitin als Membranstoff der Bakterien nicht nachweisen läßt. Sonst dürfte die Zusammensetzung dieser Membranen entsprechend dem polymorphen Stoffwechsel der Bakterien eine recht verschiedene sein. Am meisten scheinen »Pektinstoffe« am Aufbau beteiligt zu sein. In wenigen Fällen ist Zellulose nachgewiesen, wie bei *Bacterium xylinum* von van Wisselingh (20). Auch die Chlamydobakterien scheinen sich membranchemisch, wie die anderen Schizophyten zu verhalten. *Beggiatoa* hat kein Chitin und keine Zellulose, wohl aber reichlich das, was unter »Pektinstoffen« vorläufig zusammengefaßt wird.

Membranstoffe der Euthallophyten.

Entsprechend der Vielgestaltigkeit der hier zusammengefaßten Typen sehen wir auch in dem membranchemischen Aufbau eine große Mannigfaltigkeit. Einheitlicher sind die Verhältnisse bei den autotrophen Chlorophyceen, bei welchen die Zellulose die Grundsubstanz der Membranbildung darstellt. Diese tritt in allmählicher phylogenetischer Entwicklung innerhalb der *Volvocales* auf. Die Polyblepharideen, viele Chlamydomonadaceen haben sicher keine Zellulosewände, dagegen ist diese Substanz bei anderen *Chlamydomonas*-Arten zweifellos vorhanden, bei Volvocaceen ist sie allgemein verbreitet. Das Auftreten der Zellulosemembran geht hier Hand in Hand mit der morphologischen Entwicklung vom Flagellatentypus zur Volvocaceenzelle. *Ulotrichales* und *Protococcales* haben einheitliche Zellulosemembranen, dagegen werden die Verhältnisse bei den *Siphonales* immer verwickelter. Die Zellulose tritt stark zurück, meist ist sie noch vorhanden und wird von anderen Stoffen verdeckt, die in immer weiterem Umfange an der Wandbildung teilnehmen. Sie sind meist unbekannter Natur. Ich erinnere an die bei *Caulerpa* und Verwandten von Correns (2) und bei Characeen von Debsky (5) gefundenen Substanzen. Doch will ich auf diese systematisch wichtigen Tatsachen nicht näher eingehen, da die Angaben noch zu vereinzelt sind. Chitin kommt bei Chlorophyceen nicht vor, mit Ausnahme von dem von mir beschriebenen Fall bei *Geosiphon*, auf den ich noch zurückkomme.

Die Membranstoffe der echten Pilze wurden zuerst von van Wisselingh genauer überprüft. Es hängt wohl mit der großen Mannigfaltigkeit morphologischer Differenzierung und physiologischen Verhaltens zusammen, daß wir bei den weiterentwickelten Pilzgruppen sehr verschiedene membranbildende Substanzen finden. Zwei Grundsubstanzen haben allgemeine Verbreitung, aber in sich gegenseitig ausschließender Vertretung, Zellulose und Chitin. Nie sind beide zusammen vorhanden. Dabei tritt Zellulose nur bei einigen Gruppen der Phycomyceten auf, aber hier streng an systematische Einheiten gebunden, bei Monoblepharideen und *Oomycetes*. Bei folgenden Formen wurde Zellulose gefunden, wobei die Angaben van Wisselinghs (18) und Petersens (12) mit aufgenommen wurden und mit *(Wi)* und *(Pe)* bezeichnet sind.

Monoblepharideae:

Monoblepharis macrandra (Lagerh.) Woronin.
» *polymorpha* Woronin.

Oomycetes, Peronosporaceae:

Cystopus candidus (Pers.).
» *Portulaccae* (Dl.) *(Wi)*.
Peronospora Alsinearum Casp. *(Wi)*.
» *arborescens* (Berk.).
» *effusa* (Grev.).
» *Ficariae* Tul.
» *Lamii* A. Braun *(Wi)*.
Phytophthora infestans (Mont.) De Bary *(Wi)*.
Plasmopara densa (Rabh.) *(Wi)*.

Pythiaceae:

Pythium Daphnidarum Petersen *(Pe)*.
» *De Baryanum* Hesse.
» *gracile* Schenk *(Pe)*.
» *proliferum* De Bary *(Pe)*.

Saprolegniaceae:

Achlya decorata Petersen *(Pe)*.
» *gracilipes* De Bary *(Pe)*.
» *oligacantha* De Bary.
» *polyandra* (Hildebrand) De Bary.
» *prolifera* Nees.
» *racemosa* (Hildebrand) Pringsh. *(Pe)*.
Saprolegnia dioica De Bary.
» *mixta* De Bary.
» *monoica* Pringsheim.
» *paradoxa* Petersen *(Pe)*.
» *semidioica* Petersen *(Pe)*.
» *Thureti* De Bary.
Leptolegnia caudata De Bary *(Pe)*.
Aplanes androgynus Archer *(Pe)*.
Apodachlya pirifera Zopf.

Ferner Arten von

Aphanomyces,
Rhipidium und
Sapromyces, alle bei Petersen (12).

Ancilystidaceae:

Lagenidium entophytum (Pringsh.).

Bei Oomyceten haben also alle Formen ausnahmslos Zellulosemembranen. Bei Monoblepharideen ist diese aber erst nach Behandlung der Hyphen und Oosporen mit konzentrierter Kalilauge festzustellen, dann tritt Blaufärbung mit Jod + Schwefelsäure, Lösung in Kupferoxydammoniak usw. ein. Hier verdecken anfangs andere Stoffe; diese geben: Braunfärbung mit Chlorzinkjod, mit Jod + Schwefelsäure, Methylenblau färbt nicht dauernd, Rutheniumrot sehr stark, heiße Salzsäure quellt, kalte läßt unverändert wie Salpetersäure, Delafield'sches Hämatoxylin färbt nicht. Chitin ist nicht vorhanden, dagegen ergab ein Vergleich mit den Membranstoffen von *Vaucheria* überraschende Übereinstimmung, nur wird diese von Rutheniumrot viel schwächer, dagegen von Safranin stark gelblichrot, *Monoblepharis* aber von Safranin fast gar nicht gefärbt. Die Angaben von Petersen (12), daß bei *Gonapodya* und *Blastocladia* Zellulose nicht vorkommt, ist vielleicht auf ähnliche Erscheinungen wie bei *Monoblepharis* zurückzuführen. Sonst findet sich Zellulose bei den Pilzen nirgends, eine unsichere Angabe van Wisselinghs bei *Rhytisma* habe ich nicht bestätigen können.

Chitin ist der Grundstoff der Membran aller höheren Pilze. Bei den Phycomyceten vertritt er die Zellulose in den Gruppen, wo diese sich nicht findet, ausnahmslos. Er kommt bei Oomyceten und Monoblepharideen nicht vor, findet sich aber bei Synchytriaceen (*Synchytrium taraxaci* De Bary et Wor.), Zygomyceten [verschiedene Arten von *Mucor*, *Pilobolus cristallinus* (Wiggers), *Rhizopus nigricans* Ehrenb., *Phycomyces nitens* (Agardh.) und *Sporodinia grandis* Scop.], *Entomophtoraceae* (*Empusa muscae* Cohn) bei allen bisher geprüften Arten, es ist keine Ausnahme bekannt. Leider war es mir nicht möglich, Material von Chytridineen zu untersuchen, die gerade in diesem Zusammenhange sehr wichtig wären.

Die Membranbildung der Ascomyceten erfolgt immer durch Chitin mit Ausnahme zweier Gruppen. Van Wisselingh hat bereits sehr viele Formen geprüft, ich habe diese möglichst ergänzt durch solche aus Gruppen, die noch ausstanden, wie *Rhizinaceae*, *Tuberineae*, *Exoascineae*, Pyrenomyceten, wie *Cordyceps* und viele andere. Ich will von einer Aufzählung absehen und nur betonen, daß bei allen Ascomyceten in allen Entwicklungsstadien, Hyphen, Konidien, Sklerotien, Fruchtkörpern usw., überall Chitin vorhanden ist, mit Ausnahme der beiden Gruppen Sacharomycetineen und *Laboulbeniaceae*. Für erstere steht dies sicher. Von der zweiten Ordnung konnte ich eine *Laboulbenia*-Art untersuchen, doch möchte ich, da das Material für eine ganz sichere Prüfung nicht reichte, diese Angabe noch mit der nötigen Reserve machen. Die Jod-Schwefelsäure-Chitosan-Reaktion fiel jedenfalls negativ aus.

Chitin ist zwar der Grundstoff der Ascomycetenmembran, aber es finden sich auch manche andere Substanzen. Wir wissen von der Natur dieser Stoffe zu wenig, als daß ich darauf näher eingehen möchte. Sie gewinnen aber an Interesse und systematischer Bedeutung dadurch, daß sie meist an bestimmten Organen und bestimmten Stellen auftreten und mit Chitin gemeinsam die Membran aufbauen oder auch Chitin ganz vertreten können. Besonders auffallend ist die Tatsache, daß diese Substanzen vor allem in der diploiden Generation nachzuweisen sind, in den Asci und auch in den askogenen Hyphen, während die Sporenmembranen dieser Formen (haploid!) wieder aus Chitin aufgebaut sind. Auch die Konidien können häufig andere Membransubstanzen zeigen. Die Durcharbeitung ist noch nicht so weit gediehen, daß diese Substanzen schon systematisch verwertet werden könnten.

Die Basidiomyceten sind, was das Vorkommen von Chitin betrifft, gleichfalls einheitlich. Es ist auch hier die überwiegende Membransubstanz in fast allen Gruppen. Bei manchen treten wieder andere Substanzen hinzu, die neben Chitin vorhanden sind oder auch hier dieses ersetzen können. Zellulose fehlt vollständig. Bei abgeleiteteren Gruppen Polyporeen, Gasteromyceten scheint die Zahl der verschiedenen Membransubstanzen sehr groß zu sein.

Schließlich wären noch die Flechten zu besprechen. Chitin ist häufig vorhanden, selbstverständlich nur in der Pilzkomponente. Die Algen haben Zellulosemembranen, wenn sie den Chlorophyceen, »Pektinmembranen«, wenn sie den Cyanophyceen angehören. Oft sind die Pilzkomponenten den verwandten freilebenden Pilzformen auch in der Membranzusammensetzung gleich und bestehen aus Chitin. Daneben zeigt sich aber wohl, mit den eigenartigen ernährungsphysiologischen Verhältnissen im Zusammenhang stehend, ein Zurücktreten des Chitins lokaler und quantitativer Art, wofür andere Stoffe (hieher gehören van Wisselinghs Usnein und Lichenin) in großer Mannigfaltigkeit auftreten und Chitin als Membransubstanz ersetzen.

Ich habe mich bei Ascomyceten, Basidiomyceten und Lichenen beschränkt, die allgemeine Verbreitung des Chitins festzustellen und Abweichungen hievon zusammenzustellen. Da es sich in dieser Arbeit lediglich um die Verbreitung von Chitin und deren Verwertung in systematischer Hinsicht handeln soll, habe ich alle Beobachtungen über andere Stoffe unbekannter Zusammensetzung weggelassen. Anderseits habe ich auch bisher nur die beobachteten Tatsachen zusammengestellt; ich möchte nun zur systematisch-phylogenetischen Auswertung übergehen. Vorerst aber einige Bemerkungen allgemeinen Inhaltes.

Oft ist schon darauf hingewiesen worden, daß Merkmale chemischer Art in größerem Stile für systematische Zwecke herangezogen werden können, gewöhnlich werden hier Paradebeispiele, wie das Vorkommen von Inulin bei Kompositen oder Myrosin bei Cruciferen angeführt. Alle morphologischen Merkmale lassen sich als zurückführbar vorstellen auf das Zusammenwirken einer spezifischen, chemischen Grundstruktur eines Organismus und aller einwirkenden Außenbedingungen. Die spezifische Grundstruktur ist das Konstante von Außenbedingungen Unbeeinflußte, und eine nur auf dieser fußende, phylogenetische Systematik müßte das Ideal vorstellen, da die Konvergenz im bestmöglichen Maße ausgeschaltet ist. Das sind Träume. Die Richtung der biologischen Eiweißdifferenzierung hat versucht, gerade diese Grundstruktur zum Ausgangspunkt ihrer Untersuchungen zu nehmen, und zwar ohne Analyse derselben durch bloße Klassifizierung der Wirkungen. Soweit man jetzt schon überblickt, sind aber die unvermeidlichen Fehlerquellen durch die völlige Unkenntnis der Substanzen, deren Wirkungen untersucht werden, so groß, daß die Ergebnisse vielfach an Verwendbarkeit für systematisch-phylogenetische Forschung weit hinter den durch vergleichend morphologisch-entwicklungsgeschichtliche Untersuchung gewonnenen zurückstehen.

Das Zusammenwirken der spezifischen Grundsubstanz mit den für diese Außenbedingungen ergibt einen Stoffwechselablauf, in den immer wieder neue Außenbedingungen eingreifen und der schließlich zur Organbildung führt. Die Grundstruktur ist das Konstante, die Außenbedingungen und die von ihnen abhängige Organbildung ist schwankend und je mehr bei phylogenetischen Arbeiten Teile dieses Stoffwechselablaufes zur Grundlage genommen werden, die der spezifischen Grundstruktur im Ablauf näher liegen, desto mehr können Konvergenzen ausgeschaltet werden. Diese Teile des Stoffwechselablaufes sind chemische Merkmale selbst oder die direkteren Grundlagen abgeleiteter Prozesse der Organbildung. Diese sind infolgedessen auch nicht gleichwertig, sondern je nach der Stufe des Stoffwechselablaufes, dem sie in irgend einer Weise zugehören von größerer oder geringerer systematischer Bedeutung.

Doch ist erstens der Vorteil bei der Verwertung dieser Merkmale vorhanden, daß ihre Abhängigkeitsbeziehung von Außenbedingungen experimentell leichter zugänglich ist und daß zweitens an Hand dieser experimentellen Untersuchungen ein Verständnis der Wechselbeziehungen zu gewinnen ist, das ökologischen Deutungsversuchen phylogenetischer Reihen entgegenkommt. Nicht weil diese chemischen Merkmale »exakter« sind, würden sie einen Fortschritt bedeuten, sondern weil sie in vielen Fällen im organbildenden Stoffwechselablauf der Grundsubstanz um eine mehr oder weniger große Zahl von durch Außenbedingungen beeinflußten Reaktionen näher stehen können.

Bisher habe ich die Tatsachen über die Verbreitung von Chitin und Zellulose und einiger anderer Membransubstanzen der Thallophyten zusammengestellt. Jetzt will ich die systematische Verwertung diskutieren. Wenn ich dabei auftretende chemische Verwandtschaftsbeziehungen in den Vordergrund rücke und stark betone, soll sich dadurch, dies sei nachdrücklichst hervorgehoben, keine einseitige Überschätzung dieser Merkmale ausdrücken. Wir sind noch nicht so weit, daß wir über den Wert chemischer und morphologischer Merkmale urteilen können und es gilt vorläufig im Einzelfall abzuwägen, welchen wir mehr Wert zubilligen werden. Die hier heranzuziehenden chemischen Merkmale scheinen mir auch gewissermaßen am Ende des oben angedeuteten Stoffwechselablaufes zu stehen. Jedenfalls aber ist das Auftreten von Chitin insoferne von Wert, als es nicht direkt beeinflußbar ist. Wenn auch ein Zusammenhang mit der heterotrophen Ernährung der Euthallophyten angenommen werden muß, ist das Vorkommen vollständig konstant. Es gelingt nicht, eine zellulosefführende *Chlorophyceae* bei heterotropher Ernährung in einen chitinführenden Organismus umzuwandeln. Diese experimentelle Prüfung ist eine Voraussetzung der Verwendung eines chemischen Merkmales, die ich für Chitin an *Chlamydomonas*-Arten *Gonium*, *Pandorina* und *Chorella*-Arten mit negativem Ergebnis durchgeführt habe. Daß ein besonderer, festgelegter Stoffwechsel bei Heterotrophen die Grundlage der Ausbildung sein muß, beweist das Auftreten von Zellulose bei den Oomyceten, bei *Polytoma* u. a.

Das wichtigste Ergebnis scheint mir zu sein, daß innerhalb der einzelnen Pflanzenstämme in der chemischen Zusammensetzung der die Zellmembranen aufbauenden Grundsubstanzen große Einheitlichkeit herrscht und die beiden Körper, Zellulose und Chitin, sich in ihrem Vorkommen mit großer Konstanz gegenseitig ausschließend vertreten können. Chitin ist im Pflanzenreich für die Euthallophyten allein charakteristisch. Zellulose tritt bei einfachen Gruppen zuerst hin und wieder auf, um dann bei fast allen Stämmen die Hauptrolle der Membranbildung zu übernehmen. Hier ist es dann nicht die Zellulose, sondern die verschiedensten Beimengungen, die den einzelnen Gruppen ein charakteristisches, membranchemisches Gepräge verleihen, Zygophyten mit starkem Hervortreten mineralischer Substanzen (Kieselsäure, Eisen usw.), Rhodophyten mit den charakteristischen Polysacchariden, welche die Grundlagen der Gallerten (Agar-Agar usw.) bilden, Phaeophyten mit Pentosanen, Methylpentosanen und anderen Substanzen, abgeleitete Chlorophyceen mit den charakteristisch zusammengesetzten Siphoneenmembranen, schließlich die Cormophyten mit einer großen, membranchemischen Mannigfaltigkeit, wobei wohl das Wichtigste das allmähliche Auftreten der Holzsubstanz ist.

Die Myxophyten sind durch sehr starkes Zurücktreten der Zellulose durchaus einheitlich gekennzeichnet, indem die starren Wände durch eiweißartige, sonst im Pflanzenreiche nicht auftretende Substanzen, Keratine?, gebildet werden, welche in den Kapillitiumfasern, Sporenwänden und Cystenhüllen überall auftreten. Die auch sonst isolierte Stellung der Myxomyceten unter den

Pflanzen kommt dadurch auch in membranchemischer Hinsicht zum Ausdruck. Es scheint mir wesentlich, daß unter den gehäusebildenden Rhizopoden (*Arcella*, *Difflugia* u. a.) nach Awerinzew (1) bei der Membranbildung die gleichen oder ähnliche Substanzen beteiligt sind, wodurch die Annäherung dieser beiden Gruppen auch von dieser Seite zu stützen ist. Aus der einheitlichen Gruppe der Myxomyceten fällt *Plasmodiophora Brassicae* Wor. stark heraus, da deren Membran zweifellos aus reinem Chitin besteht. Auch auf Grund morphologisch-entwicklungsgeschichtlicher Tatsachen wurde der Gegensatz der *Phytomyxineae* und *Myxogasteres* oft betont und so deutet alles darauf hin, daß diese Form und vielleicht alle Verwandten hier nicht ihren endgültigen Platz haben, sondern ihre Zugehörigkeit zu niederen, echten Pilzen, Chytridineen, zu erweisen ist, mit denen sie vielleicht auch vom membranchemischen Standpunkt zu vereinigen wären. Wenn sich das Vorkommen von Zellulose in den Cysten von Vampyrelliden, ferner bei *Chlamydomyxa* (Doflein, 6, p. 715 ff.) bestätigt, sind vielleicht auch hier Anhaltspunkte für eine andere, richtigere Stellung dieser ganz unklaren Formen zu gewinnen.

Das vollständige Fehlen von Chitin und seltenes Auftreten der Zellulose charakterisiert die Membranbildung der Bakterien und scheidet sie scharf von den heterotrophen Reihen der Euthallophyten. Die Grundsubstanzen scheinen bei Cyanophyceen, Bakterien und Chlamydobakterien überall »Pektinstoffe« zu sein, die aber, vielleicht im Zusammenhang mit der Mannigfaltigkeit der Stoffwechselvorgänge, vor allem bei den Schizomyceten mit verschiedenen anderen kombiniert, verdeckt oder ersetzt sein können, unter denen auch Zellulose auftreten kann, bei Cyanophyceen in den Heterocysten und bei einzelnen Formen in der Innenschicht der Hüllgallerte, ferner bei *Bacterium xylinum* u. a. Die Einheitlichkeit im Fehlen von Chitin ist aber so groß, daß ich sogar glaube, bei strittigen Formen wie Mycobakterien könnte man die Zugehörigkeit zu Bakterien oder Pilzen auf diesem Wege zu entscheiden versuchen.

Wenn wir auch über das verbreitete Vorkommen der Zellulose bei Chlorophyceen bereits einen Überblick haben, fehlt uns dieser vollständig im Hinblick auf jene Substanzen, die bei der Membranbildung der Siphoneen beteiligt sind. Hier ist Klarlegung sehr wichtig, da ein Vergleich dieser und bei einzelnen Phycomyceten auftretender Substanzen für die systematische Gruppierung gerade dieser letzteren sicher sehr wertvoll wird. Chitin kommt bei den Chlorophyceen mit einer Ausnahme nicht vor. Auch heterotrophe Formen, wie *Polytoma* und experimentell heterotroph gezogene *Volvocales*, verhalten sich ebenso. Zellulose tritt eben bei den ersten Anfängen einer Membranbildung bei Chlamydomonadaceen bereits auf und verschwindet erst bei den abgeleitetsten Typen mehr oder weniger. Ist dieser Körper der Membranstoff der autotrophen Reihe, so ist es Chitin in der heterotrophen der Pilze. Hier tritt es bei den Ascomyceten und Basidiomyceten beherrschend hervor, bei den einfacheren Gruppen, den Phycomyceten, sind Übergänge in der Form vorhanden, daß einmal Zellulose, bei andern Chitin erscheint, bei der großen Mehrheit aller Pilztypen überwiegt aber letzteres und wird auch hier wieder bei abgeleiteten Typen durch andere Stoffe verdeckt oder ersetzt.

Die Teilung durch das Vorkommen von Chitin und Zellulose ist bei den Phycomyceten sehr scharf. Die Oomyceten (ohne Ausnahme!) haben Zellulosemembranen, die Zygomyceten Chitin! Da erstere Substanz membranchemisch nach ihrem Vorkommen bei älteren oder jüngeren Typen ursprünglicher, letztere abgeleitet zu sein scheint, will ich daraus schließen, daß es sich bei den Oomyceten und Monoblepharideen um jüngere direktere Abkömmlinge von Chlorophyceentypen handelt, bei denen Stoffwechselvorgänge vorliegen, die etwa auf ähnlicher Stufe wie *Polytoma* stehen. Es ist wichtig, daß gerade bei diesen Formen auch morphologisch und ökologisch einfachere Merkmale auftreten, wie bewegliche Fortpflanzungsorgane (Zoosporen und Spermatozoiden der Monoblepharideen), einfache Eibefruchtung, die an Vorgänge wie bei Siphoneen stark erinnert, häufiges Wasserleben. Eine vergleichende Untersuchung der Begleitstoffe ergibt sicher auch Anhaltspunkte für die Gruppen von Chlorophyceen, denen diese Pilze nahestehen, für die Monoblepharideen, glaube ich, deutet die ähnliche Membranzusammensetzung mit *Vaucheria* bereits in diese Richtung, was morphologisch auch begründet ist. Daß sich anderseits innerhalb dieser Pilze auch Formen finden, die ihren Ursprung von ähnlichen Pilzen nahmen, wobei eine morphologische Abänderung mit einem gleichbleibenden, die Membranbildung bedingenden Stoffwechsel kombiniert sein kann, darauf scheinen mir die *Ancylistidales* hinzuweisen.

Daneben aber finden sich unter den Phycomyceten Gruppen ganz anderer Organisation, die Zygomyceten und *Synchytriaceae*, deren Membran ohne Ausnahme aus Chitin gebildet wird. Es muß eine lange,. vollständige Umprägung der Stoffwechselvorgänge vor sich gegangen sein und diese drückt vom membranchemischen Standpunkt diesen Gruppen den Stempel alter Typen auf, die meiner Meinung nach scharf von den jüngeren Gruppen zu trennen sind. Dabei soll dies nicht so zu verstehen sein, daß dadurch innerhalb dieser Chitintypen eine einheitliche Gruppe entsteht, die untereinander in direkter Beziehung stehen, sondern es handelt sich auch um die Zusammenfassung von verschiedenen von Chlorophyceen ehemals abgezweigter Typen, die aber bereits ausgeprägten Pilzcharakter haben, während der Chlorophyceencharakter stark zurücktritt. Es bleibt dann der Entscheidung nach andern Merkmalen überlassen, mit welchen Organisationsstufen der autotrophen Reihen man die Glieder dieser heterotrophen Pilze zusammenbringt. Für die *Synchytriaceae* wird dies leichter gelingen, sie mit Protococcaceen in Zusammenhang zu setzen. Dagegen bilden die Zygomyceten eine isolierte Gruppe (Gametangien-Kopulation, kein einziger Flagellatenzustand, keine im Wasser lebenden Formen). Vielleicht bringt hier die Gruppe der Chytridiaceen Aufschluß, die ich leider noch nicht berücksichtigen kann. In diesem Zusammenhang möchte ich auch *Geosiphon* erwähnen, dessen Chitinmembran und sonstigen reduzierten Merkmale (Fehlen jeder Zoosporen- oder sexuellen Fortpflanzung) jedenfalls auch auf einen alten Abkömmling der Chlorophyceen schließen lassen, für den aber entprechend dem siphonalen Bau eine Beziehung zu Chlorophyceentypen (Siphoneen, *Botrydium*) leichter zu finden ist. Zusammenfassend haben wir unter den bisherigen Phycomyceten 2 Gruppen:

Heterotrophe Formen mit Betonung des Algencharakters (heterotrophe Algen), jünger abgezweigte Typen mit Zellulosemembranen und irgend einem Flagellatenstadium (*Monoblepharideae, Oomycetes*).

Heterotrophe Formen mit Betonung des Pilzcharakters (heterotrophe Pilze), lange abgezweigte Typen mit Chitinmembranen und meist keinem Flagellatenstadium (*Synchytriaceae, Zygomycetes*).

Die *Ascomycetes* beginnen bei den niedersten Formen bereits mit Chitinmembranen und deren Vorläufer dürften daher auch in solchen zu suchen sein, mucorineenartige Typen, worauf die Andeutung eines antithetischen Generationswechsels bei *Phycomyces* auch hinweist. Die Ascomyceten sind membranchemisch im allgemeinen einheitlich, auf das Hervortreten von anderen Membransubstanzen, besonders in der diploiden Generation, das mir systematisch von Bedeutung erscheint, habe ich bereits hingewiesen. Ich möchte hier nur noch kurz auf zwei Ausnahmen unter den Ascomyceten eingehen, *Sacharomycetineae* und *Laboulbenieae*. Von beiden wissen wir nur, daß kein Chitin in den Membranen vorkommt, ich bin überzeugt, daß die kritische Stellung gerade der letzteren Gruppe von membranchemischen Merkmalen eine Klärung erfahren könnte, leider war mein Material dazu viel zu spärlich. Über die Basidiomyceten ist in diesem Zusammenhange nicht viel zu diskutieren. Chitin spielt als Membransubstanz die Hauptrolle, nur möchte ich auch hier nachdrücklichst darauf hinweisen, daß mit fortschreitender Differenzierung verschiedene neue Substanzen auftreten (Polyporeen, Gasteromyceten), die in systematischer Verwertung sehr bedeutungsvoll sind.

Damit will ich schließen, ich wollte zeigen, daß die Membranchemie in der Systematik der Thallophyten sehr wertvoll ist und habe versucht, auf diesem Wege mit der Verwertung des Chitins zu beginnen.

Schließlich sei es mir gestattet, allen denen, die mich bei meinen Arbeiten in zuvorkommendster Weise mit Material unterstützten, insbesondere Herrn Prof. P. **Claussen**, Herrn Geheimrat A. **Mayer**, Herrn Dr. H. **Neumayer** und Herrn Kustos Dr. **Wagner**, meinen besten Dank zu sagen.

Literaturverzeichnis.

1. **Awerinzew**, S., 1907, Die Struktur und die chemische Zusammensetzung der Gehäuse bei den Süßwasserrhizopoden. Archiv für Protisterunde, VIII, p. 95.
2. **Correns**, C., 1894, Über die Membran von *Caulerpa*. Ber. der Deutschen bot. Ges., 12, p. 355.
3. **Czapek**, F., 1905, Biochemie der Pflanzen, Jena.
4. **De Bary**, A., 1884, Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, Mycetozoen und Bakterien, 2. Aufl.
5. **Debsky**, B., 1898, Weitere Beobachtungen an *Chara fragilis* Desv. Jahrb. für wiss. Bot., XXXII.
6. **Doflein**, F., 1916, Lehrbuch der Protozoenkunde, 4. Aufl.
7. **Hegler**, R., 1901, Untersuchungen über die Organisation der Phykochromaceenzelle. Jahrb. für wiss. Bot., XXXVI.
8. **Jahn**, E., 1899, Zur Kenntnis des Schleimpilzes *Comatricha obtusata* Preuss. Festschrift für Schwendener, Berlin.
9. **Klein**, G., 1915, Zur Chemie der Zellhaut der Cyanophyceen. Sitzungsber. der Akad. d. Wiss., Wien. 124. Bd., Abt. I.
10. **Kohl**, G., 1903, Über die Organisation und Physiologie der Cyanophyceenzelle, Jena.
11. **Molisch**, H., 1913, Mikrochemie der Pflanze, Jena.
12. **Petersen**, H. E., Studier over Ferskvands-Phycomyceter. Botanisk Tidsskrift, 29. Bd., Kopenhagen.
13. **Tunmann**, O., 1913, Pflanzenmikrochemie, Berlin.
14. **Viehoever**, A., 1912, Über den Nachweis von Chitin bei Bakterien. Ber. der Deutschen bot. Ges., XXX.
15. **Vouk**, V., 1915, Zur Kenntnis der mikrochemischen Chitinreaktion. Ber. der Deutschen bot. Ges. XXXIII.
16. **Wester**, D. H., 1909, Studien über das Chitin. Archiv der Pharmacie, CCXLVII.
17. **Wettstein**, Fr. v., 1915, *Geosiphon* Fr. Wettst., eine neue interessante Siphonee. Österr. bot. Zeitschrift.
18. **Wisselingh**, C. v., 1897, Mikroskopische Untersuchungen über die Zellwände der *Fungi*. Jahrb. für wiss. Bot., XXXI.
19. Derselbe, 1915, Über die Anwendung der in der organischen Chemie gebräuchlichen Reaktionen bei der phytomikrochemischen Untersuchung. *Folio microbiologica*, III.
20. Derselbe, 1916, Over het onderzoek naar het voorkomen van chitine en cellulose bej bacteriën. Pharmaceutisch Weekblad, Nr. 33 und 34.

Die Faunen der Hallstätter Kalke des Feuerkogels bei Aussee

Von

Prof. C. Diener
w. M. Akad.

(Mit 1 Textfigur)

(Vorgelegt in der Sitzung am 27. Mai 1921)

In der palaeontologischen Literatur des vorigen Jahrhunderts über die Hallstätter Kalke des Salzkammergutes, insbesondere in den Publikationen von F. v. Hauer, Stur, E. v. Mojsisovics, Kittl, Koken und Bittner, spielen drei Namen von Fundorten in der Umgebung von Aussee, nämlich: Feuerkogel, Rötelstein, Teltschen, eine hervorragende Rolle. Alle drei Namen beziehen sich auf den gleichen Fundort, den Gipfel des Feuerkogels (1622 *m*). Aus drei Aufschlüssen der roten und weißen, rotgeäderten Hallstätter Kalke seiner flachen Kuppe, die unmittelbar östlich der Langmoosalpe zwischen dem Zuge des Rötelstein (1610 *m*) und des Kampl (1681 *m*) aufragt, stammt jene unterkarnische (julische) Fauna, die ebensosehr durch den Reichtum als durch die prächtige Erhaltung ihrer Fossilien berühmt geworden ist. Die Teltschenalpe liegt außerhalb des Verbreitungsgebietes der Hallstätter Kalke. Der Rötelstein dagegen besteht aus einem massigen, fossilleren Riffkalk, an dessen Basis in der Nähe des ehemaligen Ferdinandsstollens norische Hallstätter Kalke mit einer Faunula anstehen, die E. v. Mojsisovics als »Linse mit *Glyphidites docens*« beschrieben hat.

Die Cephalopoden der julischen Hallstätter Kalke des Feuerkogels haben in F. v. Hauer und E. v. Mojsisovics, die Brachiopoden in Bittner, die Gastropoden in Koken, die Bivalven aus den Familien der *Halobiidae* und *Monotidae* in Kittl, die Foraminiferen in A. Heinrich ihre Bearbeiter gefunden. Über die geologischen Verhältnisse des Gebietes hat zuerst Kittl im Exkursionsführer zum IX. Internationalen Geologenkongreß in

Wien, 1903, später in ausführlicher Weise G. Geyer in seiner Arbeit: »Aus den Umgebungen von Mitterndorf und Grundlsee im steirischen Salzkammergut« (Jahrb. Geol. Reichsanst., LXV, 1915, p. 193 ff.) berichtet.

Meine Bearbeitung der reichen Aufsammlungen Kittl's und Heinrich's ließ mir eine Untersuchung der stratigraphischen Verhältnisse am Feuerkogel wünschenswert erscheinen. Mit Unterstützung von Seite der Akademie der Wissenschaften in Wien konnte ich eine solche Untersuchung im August 1919, unter Führung des Sammlers Johann Rastl, des besten Kenners aller fossilführenden Lokalitäten, vornehmen. Die stratigraphischen und tektonischen Verhältnisse der Rötelsteingruppe brauche ich hier nicht zu erörtern. Sie findet in Geyer's obenzitierter Arbeit eine erschöpfende Darstellung. An dieser Stelle will ich mich daher auf eine Gliederung der Hallstätter Kalke des Feuerkogels und auf eine Charakterisierung ihrer Fauna beschränken, wobei den Cephalopoden als den eigentlich leitenden Formen die Hauptrolle zufällt.

Das Plateau des Feuerkogels mit seinen Gipfelkuppen besteht aus roten und weißen, rotgeäderten Hallstätter Kalken mit der unterkarnischen (julischen) Fauna. Geyer schätzt ihre Mächtigkeit auf 30 bis 40 *m*. Sie werden wahrscheinlich von ähnlichen Kalken unterlagert, die Spuren der anisischen Schreyeralmfauna führen, so daß eine Vertretung der ladinischen Stufe hier zu fehlen scheint. Alle Aufschlüsse im Hallstätter Kalk sind durch die Sammler gelegentlich der Ausbeutung des Fossilmaterials künstlich geschaffen worden. Der größte befindet sich knapp unter dem Gipfel des Feuerkogels (1622 *m*). Entlang seines südlichen Abfalls sind mehrere Bänke hier auf eine Länge von 40 *m* bloßgelegt, aber gegenwärtig wieder ganz mit Trümmern und Scherben des zerschlagenen Gesteins bedeckt, aus dem die Versteinerungen herausgeklopft worden sind. Er entspricht der »Linse mit *Trachyceras austriacum*« bei E. v. Mojsisovics.

Der zweite Aufschluß ist erheblich kleiner. Er liegt 150 *m* östlich von der Gipfelkuppe und enthält die Fauna der »Linse mit *Lobites ellipticus*«. Die Bezeichnung »Linse« ist nicht ganz zutreffend, da die Fossilien in Bänken, allerdings ungleichmäßig verteilt, vorkommen. Auch wechseln dünne, an Halobien reiche Lagen mit den massigeren Ammonitennestern ab. Manganüberzüge der Schalen und Manganputzen im Gestein sind häufig, aber, wie schon Kittl angibt, keineswegs überall vorhanden.

Die Fauna der Bänke mit *Trachyceras austriacum* enthält nach E. v. Mojsisovics 167, jene der Linse mit *Lobites ellipticus* 337 Cephalopodenspezies, darunter nur 60 gemeinsame, wobei allerdings nicht nur der außerordentlich engen Artfassung Rechnung getragen, sondern auch berücksichtigt werden muß, daß die *Ellipticus*-Fauna sehr viele kleine Elemente enthält, während in der Fauna mit *Trachyceras austriacum* die mittelgroßen und großen Formen weitaus überwiegen. Es dürfte sich also hier keineswegs um zwei verschiedene Zonen, sondern weit eher um Standortsunterschiede handeln. Für eine solche Auffassung sprechen auch die Verhältnisse an einem dritten Aufschluß, den Rastl nordöstlich von dem zweiten und gegen 50 *m* von diesem entfernt auf dem Nordabhang gegen den Graben zur Ausseer Teltschen (Schnittlingmoos) entdeckt hat. Das aus diesem Aufschluß stammende Fossilmaterial ist zum größten Teil von Kittl für die Palaeontologische Abteilung des Naturhistorischen Staatsmuseums erworben worden und besteht aus Elementen der *Austriacum-* und *Ellipticus*-Fauna.

Zu den von E. v. Mojsisovics aus den julischen Hallstätter Kalken des Feuerkogels beschriebenen 444 Cephalopodenarten kommen nunmehr noch die folgenden als neu hinzu:[1]

Arcestes Tietzei,
» *Gattnari,*
Lobites cf. *aberrans* Mojs.,
Pinacoceras nov. sp. ind.,
Epiceratites Venantii,
Buchites Helladii,
» *Heriberti,*
Trachyceras Schroetteri Mojs.,
» cf. *felix* Mojs.,
» cf. *Fortunae* Mojs.,
Sirenites Elvirae,
» *Euphemiae,*
Diplosirenites Starhembergi Mojs.,
Anatomites Imeldae,
Walthausenites Idunae,
» *Forsteri,*
Celtites laevissimus,
» *Ottiliae,*
» *Wittenburgi,*
Cycloceltites Oberonis.

Eine Durchsicht von Bittners »Brachiopoden der alpinen Trias« ergibt 21 Arten aus den julischen Hallstätter Kalken des Feuerkogels, nämlich:

Aulacothyris (Camerothyris) sandlingensis Bittn.,
Cruratula Beyrichii Bittn.,
» cf. *carinthiaca* Rothpl.,
» *Damesi* Bittn.,

---

[1] Die Beschreibungen der neuen *Dibranchiata* finden sich im 65. Bande des Jahrbuches der Geologischen Reichsanstalt, der *Nautiloidea*, *Ammonoidea leiostraca* und *Tropitoidea* im 97. Bande der Denkschriften, der *Ceratitoidea* im 129. Bande der Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien.

Nucleatula retrocita Suess.,
Propygope Hagar Bittn.,
Austriella angulifrons Bittn.,
» *pirum* Bittn.,
» *lingulina* Bittn.,
» *longicollis* Suess.,
» *halophila* Bittn.,
» *minuta* Bittn.,
» *synophrys* Bittn.,
» *sublevata* Bittn.,
» *Schönni* Bittn.,
» *halorica* Bittn. (?),
Rhynchonella regilla Bittn.,
» *generosa* Bittn.,
Norella aemulatrix Bittn.,
Koninckella norica Bittn. (?),
Spirigera Ausseana Bittn.

Aus Kittl's Monographie der *Halobiidae* und *Monotidae* der Trias ergibt sich die folgende Liste julischer Halobiiden des Feuerkogels:

Daonella teltschenensis Kittl,
» *proboscidea* Kittl,
Halobia styriaca Mojs.,
» *Beyrichii* Mojs.,
» *marmorea* Kittl,
» *Arthaberi* Kittl,
» *subaustriaca* Kittl,
» *Charlyana* Mojs.,
» *eximia* Mojs.,
» cf. *tropitum* Kittl,
» *rugosa* Guemb.,
» *praesuperba* Kittl.

Sehr reich ist die Gastropodenfauna, die nicht weniger als 78 Arten umfaßt. Eine Liste derselben findet sich in Kokens Monographie »Die Gastropoden der Trias um Hallstatt« (Abhandl. Geol. Reichsanstalt Wien XVII, 1897, p. 10).[1]

Die neuen von Rastl entdeckten Aufschlüsse jüngerer Hallstätter Horizonte liegen am Nordabhange des Feuerkogels gegen das Schnittlingmoos, ungefähr 40 *m* unterhalb des dritten Aufschlusses in den julischen Hallstätter Kalken. Das ganze Nordgehänge des Feuerkogels ist mit Schutt überronnen und mit Krummholz bewachsen. Nur an zwei Stellen, die ungefähr 20 *m* voneinander entfernt liegen, ist das Terrain teilweise, zumeist künstlich, vom Schutt entblößt. Die westliche Entblößung, aus weißem Kalk bestehend, gehört dem *Subbullatus*-Horizont an. In dem östlichen ausgedehnteren Aufschluß sind mehrere Bänke bloßgelegt. Die tiefere enthält die *Subbullatus*-Fauna der tuvalischen Unterstufe, die beiden höheren Bänke haben die karnisch-norische Mischfauna geliefert. Für eine größere Anzahl von Fossilien, die hier lose gefunden wurden, kann die Feststellung ihrer Provenienz nicht mit voller Sicherheit erfolgen.

---

[1] Die Angaben: Feuerkogel und Rötelstein, Obere Schicht beziehen sich auf den gleichen Fundort in den julischen Hallstätter Kalken.

Alle Bänke fallen 30° N ein, parallel mit den ebenfalls N fallenden Hallstätter Kalken am Gipfel des Feuerkogels. Wenn man auf Grund dieser Daten das Profil konstruiert, so ergibt sich aus der dem Abfall des Hanges gegenüber ein wenig steileren Schichtstellung eine Überlagerung der julischen Hallstätter Kalke durch jene, die die *Subbullatus*-Fauna führen. Von der Überlagerung der letzteren durch die beiden Bänke, die die karnisch-norische Mischfauna enthalten, kann man sich an dem Aufschluß selbst unschwer überzeugen.

Auch in diesen Aufschlüssen sind die Fossilien bankweise verteilt, nicht in Linsen konzentriert. Dort, wo der Kalk angewittert ist, zeigt er zumeist eine sehr helle Färbung. In den tieferen Partien trägt er die rote Farbe der julischen Hallstätter Kalke. Der Mangangehalt tritt hier erheblich zurück. Gleichwohl ist die Erhaltung der Fossilien eine ebenso tadellose wie in den julischen Hallstätter Kalken der Gipfelkuppe.

Die Bedeutung dieses Profils liegt vor allem in der Tatsache, daß hier zum erstenmal im Salzkammergut die Überlagerung von Hallstätter Kalken der *Aonoides*-Zone durch solche der *Subbullatus*-Zone nachgewiesen erscheint. Noch in seiner »Alpinen Trias des Mediterrangebietes« (Lethaea mesozoica, I/3, 1906, p. 372) konnte G. v. Arthaber mit Recht behaupten, daß beide Zonen noch nie in einem Profil übereinander gefunden worden seien. An dieser Stelle kommt sogar noch ein drittes Schichtglied in den beiden, zusammen ungefähr $^3/_4$ *m* mächtigen Bänken mit der karnisch-norischen Mischfauna hinzu.

Die *Subbullatus*-Fauna dieser Lokalität steht an Formenreichtum hinter den klassischen Fundorten Raschberg und Vorder-Sandling nur wenig zurück. Sie enthält die folgenden 59 Cephalopodenspezies:

Aulacoceras (Asteroconites) cf. *radiolare* Tell.,
Dictyoconites Kittlii Dien.,
» *Geyeri* Dien.,
Arcestes pinacostomus Dien.,
» *Geyeri* Dien.,
» *Rotkyi* Dien.,
» *Xaverii* Dien.,
» *regalis* Dien.,
» *Schafferi* Dien.,

Pararcestes sublabiatiformis Dien.,
» *Kerneri* Dien.,
» *Welteri* Dien.,
Cladiscites Gorgiae Gemm.,
» *tuvalicus* Dien.,
Hypocladiscites subcarinatus Gemm.,
Homerites semiglobosus Hau.,
» *Heinrichii* Dien.,
Jovites bosnensis Mojs.,
» *bosnensis* var. *bajuvarica* Mojs.,
» *dacus* Mojs.,
Anatomites cf. *Brocchii* Mojs.,
» *dimidiatus* Mojs.,
» *Konincki* Mojs.,
» *Mojsisovicsi* Dien.,
» *Haasi* Dien.,
» *leiostracus* Dien.,
» *Folgneri* Dien.,
» sp. ind. aff. *Fischeri* Mojs.,
» sp. ind. aff. *consanguineo* Gemm.,
» *Stolleyi* Dien.,
» *Javorskii* Dien.,
Dimorphites montis ignei Dien.,
Gonionotites Irmintrudis Dien.,
» cf. *haloritiformis* Dien.,
Trachysagenites Herbichii Mojs.,
» *Beckei* Dien.,
Tropites subbullatus Hau.,
» *Telleri* Mojs.,
» *fusobullatus* Mojs.,
» *discobullatus* Mojs.,
» *torquillus* Mojs.,
» *acutangulus* Mojs.,
» *Klebelsbergii* Dien.,
Paratropites Phoenix Mojs.,
» *Saturnus* Dittm.,
» *Pintneri* Dien.,
Discotropites Theron Dittm.,
» *sandlingensis* Hau.,
» *Plinii* Mojs.,
» *Sengeli* Mojs.,
Trachyceras cf. *triadicum* Mojs.,
Protrachyceras Zenobii Dien.,
Anasirenites Ekkehardi Mojs.,
Germanonautilus Breunneri Hau.,
Proclydonautilus triadicus Mojs.,
» *tuvalicus* Dien.,

Proclydonautilus Ernesti Dien.,
» *Ermollii* Dien.

Alle übrigen Tierklassen scheinen nur sehr spärlich vertreten zu sein. Herr Dr. August Heinrich konnte mir aus seiner Sammlung nur je eine Gastropoden- und Brachiopodenart, *Pleurotomaria Frechi* Kok. und *Austriella longicollis* Suess, namhaft machen.

Unter den Ammoniten fällt die große Zahl neuer Arten — 25 unter 49 benannten Spezies — auf. Neu sind alle *Arcestidae*, die überwiegende Mehrzahl der Anatomiten und die beiden Vertreter der bis dahin in den Alpen nicht bekannten Gattung *Gonionotites*. Dagegen gehören die Tropiten und Discotropiten fast durchwegs bereits bekannten Arten an. Dr. Heinrich's Mitteilung, daß das Genus *Trachyceras*, das sonst in der alpinen Trias an der Oberkante der *Aonoides*-Zone erlischt, an dieser Lokalität wie im Himalaya und in Kalifornien bis in die *Subbullatus*-Schichten aufsteigt, kann ich bestätigen.

Einen wesentlich anderen Charakter als die *Subbullatus*-Fauna trägt jene der darüber liegenden Bänke. Kittl hat sie direkt als norisch angesprochen und in die *Bicrenatus*-Zone verwiesen. Sie enthält jedoch, wie schon Heinrich festgestellt hat, eine Mischung karnischer und norischer Faunenelemente. Ihr Formenreichtum ist noch größer als jener der *Subbullatus*-Fauna des Feuerkogels. Die Zahl der Cephalopodenarten beträgt 67. Zu diesen kommen noch 10 Gastropodenarten, 4 Brachiopodenarten und mindestens 2 Halobienspezies hinzu.

Die nachstehende Liste gibt einen Überblick über die Zusammensetzung dieser Fauna.

Dibranchiata.

Dictyoconites sp. ind. aff. *Geyeri* Dien.,
Atractites Heinrichii Dien.

Ammonoidea.

Arcestes Spengleri Dien.,
» *Trauthi* Dien.,
» *Piae* Dien.,
Ptycharcestes Heinrichii Dien.,
Cladiscites crassestriatus Mojs.,
» sp. ind aff. *crassestriato* Mojs.,
» sp. ind. aff. *tornato* Bronn,
» *pusillus* Mojs.,
» *neortus* Mojs.,
» *quadratus* Mojs.,
» *externecavatus* Welt.,
Hypocladiscites cf. *subaratus* Mojs.,

Rhacophyllites neojurensis Quenst.,
Discophyllites patens Mojs.,
Megaphyllites applanatus Mojs.,
» *humilis* Mojs.,
Pinacoceras parma Mojs.,
» *parmaeforme* Mojs.,
Sturia cf. *Karpinskyi* Mojs.,
Placites perauctus Mojs.,
» *placodes* Mojs.,
Juvavites Bülowii Dien.,
» *Ampfereri* Dien.,
Griesbachites densicostatus Dien.,
» *Kastneri* Mojs.,
» *Waltharii* Dien.,
» *cornutus* Dien.,
» *Goetzingerii* Dien.,
Malayites styriacus Dien.,
» *Steigeri* Dien.,
» *Antipatris* Dien.,
Gonionotites haloritiformis Dien.,
» *Schuberti* Dien.,
» *noricus* Dien.,
Heinrichites Paulckei Dien.,
» *Grobbeni* Dien.,
» *Furlaniae* Dien.,
» *Waageni* Dien.,
Trachysagenites sp. ind. aff. *Herbichii* Mojs.,
Cycloceltites angularis Mojs.,
Heraclites Gorgonii Dien.,
Cyrtopleurites Strabonis Mojs.,
» sp. ind. aff. *bicrenato* Hau.,
» *Vestaliae* Dien.,
» *Hersiliae* Dien.,
» *Euphrasiae* Dien.,
Acanthinites Calypso Mojs.,
» *Silverii* Dien.,
» *Eusebii* Dien.,
Tibetites Bibianae Dien.,
Pterotoceras Clarissae Dien.,
» *Helminae* Dien.,
Steinmannites Sosthenis Dien.,
Clionites quinquespinatus Dien.,
Drepanites Hyatti Mojs.,
» *fissistriatus* Mojs.,
» *Saturnini* Dien.,
Polycyclus Henseli Opp.,
Ectolcites Sidoniae Dien..

Nautiloidea.

Pleuronautilus (Enoploceras) Lepsiusii Mojs.,
» » *lepsiusiformis* Dien.,
» » *ausseanus* Dien.,
Paranautilus modestus Dien.,
Proclydonautilus Griesbachi Mojs.,
» *buddhaicus* Dien.,
» *triadicus* Mojs.,
Juvavionautilus Geyeri Dien.,

Gastropoda.[1]

Sisenna Dittmari Kok.,
Euzone alauna var. *cancellata* Kok.,
Echetus scalariformis Kok.,
Pleurotomaria Haueri Hoern.,
» *Fischeri* Hoen.,
» *plurimvittata* Kok.,
Sagana Hoernesi Stur sp.
Rufilla densecincta Kok.,
Eucyclus striatus Kok.,
Lepidotrochus cancellatus Kok.

Brachiopoda.[1]

Austriella nux Suess,
» *longicollis* Suess,
Nucleatula retrocita Suess,
Propygope Hagar Bittn.

Pelecypoda.[2]

Halobia Hyatti Kittl,
» *plicosa* Mojs.

Die Zusammensetzung dieser Fauna ist in mehr als einer Hinsicht interessant. Der Hauptanteil fällt auch hier wieder den Ammoniten mit 55 spezifisch bestimmbaren Arten zu. Während sonst in Ablagerungen der Hallstätter Facies Arcesten die Hauptrolle zu spielen pflegen und an Individuenreichtum die *Ammonoidea trachyostraca* weitaus übertreffen, sind sie hier selten und nur durch drei neue Arten vertreten. Unter den Großformen sind

---

[1] Mitteilung des Herrn Dr. August Heinrich.

[2] Vgl. Kittl: Materialien zu einer Monographie der *Halobidae* und *Monotidae* der *Trias*, Resultate der wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees, I/1. Palaeontologie, Bd. II, Budapest 1912, p. 123, 142, 181.

Repräsentanten der Gattungen *Cladiscites, Rhacophyllites, Pinacoceras* und *Heinrichites* die häufigsten. Sie werden jedoch an Individuenzahl weitaus übertroffen durch eine Fülle von Zwergformen, die an einer Stelle geradezu massenhaft aufgetreten sein sollen. Diese Zwergformen sind durchwegs *Ceratitoidea.* Zu ihnen gehören die meisten Vertreter der Genera *Cyrtopleurites, Acanthinites* und *Drepanites,* ferner *Steinmannites Sosthenis, Ectolcites Sidoniae* und *Polycyclus Henseli.* Sie sind mit Ausnahme der letztgenannten Art den norischen Elementen in unserer Fauna zuzuzählen.

Mit der *Subbullatus*-Fauna hat die vorliegende wahrscheinlich nur zwei Cephalopodenarten: *Gonionotites haloritiformis* und *Proclydonautilus triadicus,* gemeinsam. Während die erstere Fauna ein durchaus karnisches Gepräge besitzt, fällt in der letzteren, wie schon Heinrich betont hat, die Mischung karnischer und norischer Elemente auf den ersten Blick in die Augen. Um das Verhältnis richtig zu bewerten, muß man zunächst die sehr große Zahl neuer Arten in Berücksichtigung ziehen. Es sind dies nicht weniger als 36, unter denen 13 teils auf die neue Gattung *Heinrichites,* teils auf die bisher aus der alpinen Trias noch nicht beschriebenen Genera *Malayites* (himamalayisch), *Gonionotites* (mediterran), *Pterotoceras* (himamalayisch) und *Tibetites* (himamalayisch) entfallen. Unter den neuen Arten dürften *Drepanites Saturnini, Acanthinites Silverii, A. Eusebii, Ectolcites Sidoniae, Steinmannites Sosthenis, Heraclites Gorgonii* und wohl auch die überwiegende Mehrzahl der Cyrtopleuriten, die sich an *C. bicrenatus* Hau. anschließen, den norischen Faunenelementen zuzuzählen sein. Dazu kommen unter den Nautiloideen noch die beiden Vertreter der sonst nur in der norischen Stufe heimischen Gattungen *Paranautilus* und *Juvavionautilus.*

Unter den bereits mit beschriebenen Arten identischen Cephalopodenspezies finden sich die folgenden nur in norischen Bildungen:

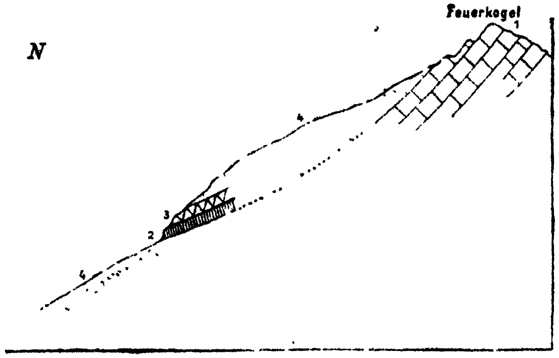
Cladiscites neortus Mojs.,
» *quadratus* Mojs.,
Rhacophyllites neojurensis Qu.,
Discophyllites patens Mojs.,
Cycloceltites angularis Mojs.,
Acanthinites Calypso Mojs.,
Drepanites Hyatti Mojs.,
» *fissistriatus* Mojs.,
Pleuronautilus Lepsiusii Mojs.,
Proclydonautilus Griesbachi Mojs.

Dagegen weisen auf die karnische Stufe die folgenden Cephalopodenarten hin:

Cladiscites crassestriatus Mojs.,
» *pusillus* Mojs.,

Hypocladiscites cf. *subaratus* Mojs.,
Megaphyllites applanatus Mojs.,
Pinacoceras parma Mojs.,
» *parmaeforme* Mojs.,
Sturia cf. *Karpinskyi* Mojs.,
Placites placodes Mojs.,
Griesbachites Kastneri Mojs.,
Cyrtodleurites Strabonis Mojs.,
Polycyclus Henseli Opp.,
Proclydonautilus triadicus Mojs.,
» *buddhaicus* Dien.

Megaphyllites humilis Mojs. und *Placites perauctus* Mojs. sind beiden Stufen der Obertrias gemeinsam. Unsicher ist die stratigraphische Stellung des *Cladiscites externecavatus* Welt. Die letztere Form verrät, zusammen mit *Proclydonautilus buddhaicus, P. Griesbachi,* ferner den Vertretern der Gattungen *Malayites, Pterotoceras* und *Tibetites* einen Einschlag himamalayischer Typen.



Profil des Feuerkogels gegen den Graben der Ausseer Teltschen.
1. *Aonoides*-Schichten.
2. *Subbullatus*-Schichten.
3. Schichten mit der karnisch-norischen Mischfauna.
4. Schutt.

Die Sonderung unserer Fauna von jener der *Subbullatus*-Zone wird verschärft durch das vollständige Fehlen der Genera: *Trachyceras, Sirenites, Tropites, Discotropites, Jovites* und *Anatomites.* Andererseits fehlt von bezeichnenden unternorischen Typen *Halorites.* Dagegen finden sich in unserer Fauna bereits Vertreter der Gattungen *Heraclites, Acanthinites, Drepanites* und *Ectolcites,* die sonst nach E. v. Mojsisovics erst in der alaunischen Stufe des Mittelnorikums unvermittelt erscheinen sollen.

Alles in allem genommen erscheinen die Beziehungen der Cephalopodenfauna dieser Bildungen zur norischen Stufe etwas stärker ausgeprägt als jene zur karnischen, wobei jedoch die große

Zahl neuer, stratigraphisch unsicherer Arten stets in Rücksicht gezogen werden muß.

Die Brachiopoden geben für eine Altersbestimmung nur wenige Anhaltspunkte. Die beiden Austriellen sind der karnischen und norischen Stufe gemeinsam. *Propygope Hagar* ist eine karnische, *Nucleatula retrocita* eine norische Spezies.

Die beiden Halobiaarten sind ausgesprochen norische Typen. Unter den zehn von Heinrich mitgeteilten Gastropodenspezies sind 2 der karnischen und norischen Stufe gemeinsam, 3 bisher nur in karnischen, 5 in norischen Bildungen gefunden worden. Also auch hier macht sich wieder ein kleines Übergewicht der norischen Faunenelemente geltend.

Versucht man es, den Bänken mit der karnisch-norischen Mischfauna ihre stratigraphische Stellung im Triassystem auf Grund ihres faunistischen Charakters anzuweisen, so wird man sie wohl in die norische Stufe, und zwar an deren Basis stellen müssen. Der innige Schichtverband mit den Hallstätter Kalken, die die oberkarnische *Subbullatus*-Fauna führen, läßt ja eine andere Deutung als die Alternative: oberstes Karnikum oder unterstes Norikum gar nicht zu. Die Lücke in der faunistischen Reihenfolge, die E. v. Mojsisovics zwischen beiden Stufen der Obertrias angenommen hatte, erscheint durch diese Fauna wenigstens bis zu einem gewissen Grade überbrückt. Ihr überwiegend norisches Gepräge spricht für eine Stellung an der Basis der norischen Stufe. Sie einfach als Übergangsfauna zu bezeichnen, dürfte kaum gerechtfertigt sein, da es sich mit Rücksicht auf die große Zahl selbständiger, neuer Formen und die auffallenden faunistischen Differenzen sowohl gegenüber der oberkarnischen Zone des *Tropites subbullatus* als der unternorischen des *Sagenites Giebeli* wohl um eine neue Faunenzone handelt. Ich schlage vor, diese Zone nach einem ihrer charakteristischen Leitammoniten, dem *Heinrichites Paulckei*, zu bezeichnen. Das Genus *Heinrichites*, das bisher in anderen Hallstätter Bildungen noch nicht gefunden worden ist, zählt zusammen mit *Griesbachites* und *Cyrtopleurites* zu den arten- und individuenreichsten Geschlechtern unter den trachyostraken Ammoniten in unserer Fauna.

Daß die Zone des *Heinrichites Paulckei* bisher nur am Feuerkogel im Salzkammergut nachgewiesen werden konnte, beeinträchtigt wohl ihre stratigraphische Bedeutung, nicht aber ihren zoologischen Wert. Ich habe wiederholt darauf hingewiesen[1], daß die Tatsache, ob eine Zone mit konstanten faunistischen Merkmalen über ein größeres oder kleineres Gebiet der Erdoberfläche sich verfolgen läßt, ohne Einfluß auf deren Bedeutung für die Entwicklungsgeschichte der organischen Welt bleibt[2]. Jedenfalls zeigt die Zusammensetzung der karnisch-norischen Mischfauna des Feuerkogels so wesentliche Abweichungen von allen bisher untersuchten typischen Zonenfaunen der Hallstätter Kalke, daß sie als eine besondere Zonenfauna ausgeschieden zu werden verdient, die eine selbständige Entwicklungsphase in der Meeresfauna der norischen Stufe repräsentiert.

---

[1] Zuletzt in meiner Abhandlung »Die Bedeutung der Zonengliederung für die Frage der Zeitmessung in der Erdgeschichte«. Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. Beil. Bd. XLII, 1918, p. 155.

[2] Man vgl. insbesondere die Zone des *Trachyceras Aon*, die in voller Reinheit nur aus der unmittelbaren Umgebung von St. Cassian bekannt ist, mithin kaum eine größere lokale Verbreitung besitzt als die Zone des *Heinrichites Paulckei* im Gebiet von Aussee.

Wer an eine Untersuchung unserer Ammonitenfauna mit der Hoffnung herantrittt, in ihr Formen zu finden, die mit je einer Art in der tieferliegenden *Subbullatus*-Fauna und je einer solchen in den jüngeren Hallstätter Kalken des Unternorikums zu einer Formenreihe vereinigt werden könnten, erfährt eine schwere Enttäuschung. Zu der Aufdeckung derartiger Formenreihen bietet diese so wenig als andere Hallstätter Faunen einen Anlaß.

Zum Schlusse mag nochmals auf die stratigraphische Bedeutung des Profils am Nordabhang des Feuerkogels zum Schnittlingmoos hingewiesen werden, das drei verschiedene Faunenzonen der Hallstätter Kalke im Schichtverbande übereinander aufgeschlossen zeigt, während man sonst im Salzkammergut kaum jemals auch nur zwei Zonen profilmäßig so aufgeschlossen findet, daß ihr gegenseitiges stratigraphisches Verhältnis mit Sicherheit ermittelt werden kann. Vor allem aber ist hier zum ersten Mal der Nachweis einer unmittelbaren Überlagerung von Hallstätter Kalken mit einer reichen karnischen Fauna durch solche mit einer ebenso reichen norischen Fauna geglückt, in der, wie dies ja von vornherein zu erwarten war, auch noch zahlreiche karnische Elemente als Superstiten vertreten sind.

Bauxite und Braunkohlen als Wertmesser der Tertiärklimate in Dalmatien

Von

Oberbergrat Fritz Kerner-Marilaun

k. M. Akad. Wiss.

(Mit 1 Textfigur)

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. April 1921)

Südeuropa war im Tertiär ein Archipel, dessen hydrometeorische Verhältnisse durch seine Ausbreitung beiderseits der Mittellage des Nordrandes der subtropischen Hochdruckzone bestimmt wurden. Es mußten sich überall in Küstennähe Winterregen und sommerliche Trockenheit, in größerem Abstande vom Meere Frühlingsregen mit Spätsommerdürre und im nördlichen Randgebiete schon Sommerregen einstellen, indes in den Übergangsräumen Herbstregen zur Entwicklung kamen. Alleinherrschaft sehr großer und gleichmäßig über das Jahr verteilter Regenmengen ist für das tertiäre Südeuropa auch bei tropischer Wärme nicht anzunehmen, wie ja eine solche Herrschaft selbst im ostindischen Inselmeere nicht besteht, wo man nicht weniger als vier verschiedene Typen der Regenverteilung kennt, von denen einer eine so deutlich ausgeprägte Trockenzeit in sich schließt, daß dort die Kokospalmen nicht selten verdorren.

Bei den besagten hydrometeorischen Zuständen konnten sich auf kleineren Inseln und im Umkreise größerer nun Roterdedecken und Macchien bilden, im Innern größerer Eilande Salztonböden mit Xerophytenwuchs zeigen und im Norden Braunerden und üppige Wälder entwickeln. Anläßlich der stattgehabten Größen- und Formenwechsel der Inseln mußten dann Verschiebungen der Boden- und Pflanzenzonen erfolgen und mußten dieselben Gebiete bald in den Bereich des Meeres, bald in den des Landinnern kommen und in den Zwischenzeiten auch Bestandteil von Küstensäumen sein. Wäre die geologische Urkunde allerorts vollkommen lesbar und würden die irdischen Vorgänge ihrem Schema entsprechend verlaufen, so sollte man an allen nicht dauernd landfest oder meerbedeckt gewesenen Stellen einen wiederholten Wechsel von Kalken, von

Bauxiten und von Salz- und Gipslagern, beziehungsweise von Kohlenflözen in vorschreitender oder rückläufiger Folge erkennen.

Nun ist aber jene Urkunde sehr lückenhaft und spielen sich jene Vorgänge oft nicht in einfacher Art ab, indem beispielsweise bei Reihenentwicklung manchmal einzelne Glieder ausfallen oder in doppelter Anzahl erscheinen. Besonders ist mit einem Wegfall der litoralen Übergangsbildung zu rechnen. An der Ostseite Spaniens ist in der Gegend von Murcia der Roterdesaum unterbrochen und reicht der Salztonboden bis ans Meer. Im liburnischen Karste wird die Macchienzone sehr schmal und drängt sich die pontische Flora fast bis an die Küste heran. Dann kann die Roterdebedeckung verkarsteter Küstenstriche durch Einschaltung von Flußebenen lückenhaft sein. Auch das Reliktenphänomen kann Störungen des oben aufgezeigten Schemas bedingen. Wenn ein Gebiet, das eine kleine Insel war, durch Meeresregression zum inneren Teile eines großen Inselkörpers wurde, konnte sich die Roterdedecke auch nach erfolgtem Klimawechsel erhalten und wenn dann das Gebiet infolge einer Transgression wieder in Küstennähe rückte, wird die vollaride Klimaphase in der Gesteinsfolge gar nicht angedeutet sein.

So kann man nur hoffen, in einzelnen Gauen jenen Zyklus der Boden- und Florengestaltung ganz oder zum Teil entwickelt zu sehen. Ein solcher Fall ist in Mitteldalmatien gegeben. Nachdem dieses Gebiet zur oberen Kreidezeit ganz meerbedeckt gewesen, wurde es im Protozän ein Küstenland, um dann im unteren Eozän wieder der Überflutung zu verfallen. Dann wurde es wieder eine Litoralregion, und zwar im oberen Mitteleozän ein bergiger Küstenstrich, im unteren Oligozän aber Schwemmlandküste und Deltagebiet. Im Jungtertiär rückte es dann weit vom Meere ab, um sich ihm im Quartär abermals zu nähern.

So sieht man in Dalmatien dem Rudistenkalke Bauxit aufgelagert, diesen von marinem Untereozän in der Fazies von Foraminiferenkalk bedeckt, über diesem ein oberes Bauxitniveau entwickelt und trifft dann im Unteroligozän eine Kohlenbildung und — altmiozäne Sedimente ganz vermissend — im Pliozän eine jüngere Flözentwicklung an.

Geologische Übersicht.

Der protozäne Bauxit.

Die klaren Zeichen einer Absatzlücke zwischen dem Rudistenkalke und den Cosinaschichten und die noch deutlicheren Wahrzeichen einer Unterbrechung der Schichtfolge zwischen jenem Kalke und dem Miliolidenkalke in den Gegenden, wo das limnische Protozän fehlt, sind in meinen dalmatinischen Aufnahmsberichten wiederholt beschrieben.[1] Man erkennt eine alte, stark verkarstete Landoberfläche, in deren Hohlformen es zum Absatze von Roterde kam. Diese protozäne Roterde Dalmatiens ist dadurch bemerkenswert, daß für ihre Bildung nur die Lösungsrückstandshypothese gelten kann. Da es sich hier um aus weitem Meere frisch emporgetauchten Boden handelte, schloß sich die Möglichkeit der Zufuhr von schon in älterer Zeit gebildeter Roterde aus der Nachbarschaft ganz aus. Auch die aeolische Zutragung roten Staubes aus einem vielleicht in größerer Ferne bloßgelegenen krystallinen Kern kam kaum in Betracht. Auch die Annahme einer Zufuhr von Eisenlösungen und durch sie bedingter Metasomatose ließe sich nicht begründen. Die eisenoxydul- und pyrithältigen Flyschmergel Dalmatiens waren damals noch nicht abgelagert und die Flyschmassen Bosniens lagen — soweit sie vortertiären Alters sind — noch am Meeresgrunde. Aber auch aus der Tiefe konnten Eisenlösungen nicht zutreten. Damals erstreckten sich Kalk- und Dolomitmassen von mehr als 2500 *m* Mächtigkeit von der Bodenoberfläche nach unten.[1] Wenn nun gemäß den Anschauungen Blank's gerade der Kalk nicht das Eisen der Roterde geliefert hätte, wären dessen nächstmögliche Ursprungsorte die Augit- und Olivinkrystalle in den Diabasporphyriten der Wengener Schichten und die Glimmerschuppen in den Sandsteinen der Werfener Schichten gewesen. Nun nahm Stache[2] zur Erklärung der kieseligen Beschaffenheit mancher Cosinakalke allerdings den Eintritt von Warmquellen in die protozänen Süßwasserseen an: die Erscheinungen der Oxydationsmetasomatose durch Tagwässer hätten aber Wasserdämpfe von Siedehitze nicht hervorrufen können. Das Eisen der Bauxite des dalmatischen Protozäns ist von dem dem Kalke isomorph beigemischten kohlensauren Eisenoxydul herzuleiten, das zusammen mit dem Kalke als Bicarbonat gelöst, durch den Luftsauerstoff in Eisenhydroxydgel umgewandelt und dann in wasserfreies Gel übergeführt wurde. Die Umstände, welche gegen die Annahme von Kispatić, daß das Eisen im Kalk (der Hauptsache nach) schon in oxydischer Verbindung vorgebildet sei, sprechen, habe ich andernorts erwähnt.[3]

---

[1] In den Verhandlungen der Geologischen Reichsanstalt 1893 bis 1914.

Gegen die Aufrufung des dalmatischen Protozänbauxits als Zeugen eines mediterranen Klimas wird man aber den Umstand, daß er eine einfachere Bildungsweise als die südeuropäische Roterde der Jetztzeit besaß, nicht ins Feld führen. Roterden weisen unabhängig von ihrer besonderen Entstehungsart auf hohe sommerliche Luftwärme und Lufttrockenheit, die zu allmählicher Zerstörung der humosen Massen führten, zugleich aber auch auf reichliche

---

[1] Gemäß meinen Profilaufnahmen im Svilajagebirge. Trias: Verh. der Geol. Reichsanstalt. 1908, 12; Lias und Jura: ebenda, 1907, 11; Kreide: ebenda, 1915, Nr. 15 und 16.

[2] Stache, Die Liburnische Stufe und deren Grenzhorizonte. 1889, 49.

[3] Kerner, Geologie der Bauxitlagerstätten der österr.-ung. Monarchie. Berg- und Hüttenmänn. Jahrb. 1916.

Durchfeuchtung des Erdbodens in der kühleren Jahreszeit. Ein indirekter, aber darum nicht minder glaubwürdiger Zeuge für ein mediterranes Klima Dalmatiens im mittleren Protozän meldet sich in einem negativen Befunde: im gänzlichen Fehlen von Resten einer Landflora. Daß Stache[1] in Istrien solche Reste als große Seltenheiten fand, erklärt sich etwa so, daß sich dort entsprechend der borealeren Lage schon der Übergang in ein Braunerdeklima vollzog. Dagegen ist das spärliche Erscheinen von Characeenfrüchten und das völlige Fehlen von dunklen Kalken und Kohlenlagen in den Cosinaschichten Dalmatiens nicht durch mangelnde Erhaltung, sondern durch Entwicklungsmangel einer üppigen Algenflora in den protozänen Süßwasserseen dieses Landes bedingt. Die Kohlen und Charenkalke Istriens erscheinen dort, wo nach dem Rückzuge des Rudistenmeeres noch verbliebene Lagunen sich aussüßten. Im mittleren Dalmatien, wo Fortbestand von Wasserflächen nach dem Meeresrückzug eine seltene Ausnahme blieb, erfolgte die Seenbildung in mit Roterde erfüllten Mulden. Hier schienen die Bedingungen für das Gedeihen von üppigen Algenrasen zu fehlen.

Die Bauxitentwicklung bietet keinen Anhaltspunkt für eine Beurteilung des Maßes der Ausprägung des mediterranen Klimatypus im Protozän. Sie weist wohl auf eine geringere Ansammlung von Roterde als die gegenwärtige hin. Allein es fehlte die Möglichkeit der Zufuhr schon früher gebildeter Erde und es läßt sich die im Protozän und die im Jungquartär entführte Menge von Roterde auch nicht annähernd schätzen. So verbietet es sich, aus einer geringeren Anhäufung roter Eluvialgebilde im Protozän auf eine schwächere Ausprägung des Mittelmeerklimas zu schließen.

Der mitteleozäne Bauxit.

Der mitteleozäne Bauxit Dalmatiens wurde von mir und von meinem mit der Aufnahme Norddalmatiens betraut gewesenen Kollegen Schubert auch stets als fossile Roterde gedeutet. Ja Schubert ging soweit, die Bauxitlinsen geradezu als verquetschte und verdrückte Dolinenfüllungen zu betrachten. Später trat Kispatić[2] auf Grund seiner genauen mineralogischen Untersuchungen mit Entschiedenheit für die Terra rossa-Natur der karstländischen Bauxite ein, wobei er im Vereine mit Tucan auch wieder ein eifriger Verfechter der Lösungsrückstandshypothese wurde. In neuerer Zeit hat sich Katzer[3] sehr gegen eine Verallgemeinerung der These, daß Bauxit fossile Roterde und Terra rossa rezenter Bauxit sei, gewandt.

---

[1] Liburnische Stufe, p. 53.

[2] Kispatić, Bauxite des kroatischen Karstes und ihre Entstehung. Neues Jahrb. für Min., Geol. und Pal. Beilage Bd. XXXIV, 1912.

[3] Katzer, Das Bauxitvorkommen von Domanović in der Herzegowina. Zeitschrift für prakt. Geol. 1917, Nr. 8.

Katzer's Einwände betreffen zunächst mehr die Entstehung einzelner Bauxitlager als die Genesis des Bauxits. Indem er in dem Lager von Domanović eine ufernahe feinschlammige Einschwemmung in das seichte Mitteleozänmeer erblickt, gibt er wohl auch den Bestand eines rote Eluvien tragenden benachbarten Landes zu. Er betrachtet und erkennt diese Eluvien aber zum Teil als solche von Silikatgesteinen.

Im Innern Norddalmatiens und im Bereich des Moseć und der Visoka sind die Zeichen einer Unterbrechung der marinen Schichtfolge während des oberen Mitteleozäns deutlich. Die Trockenlegung begann hier zum Teil schon im unteren Mitteleozän, zum Teile auch noch früher, da die Alveolinenkalke infolge Einschwemmung von roter Erde streckenweise rosenrot gefärbt sind. Hinsichtlich der Erzmenge ist so bei dem jüngeren Bauxit Dalmatiens keine Beschränkung auf die Rückstandshypothese geboten. Die aus dem oberen Mitteleozän erhalten gebliebenen Roterden können zum Teil auch umgelagerte Roterden aus älteren Abschnitten des Eozäns sein. Betreffs der Genesis kommt aber auch für den Eozänbauxit Dalmatiens hauptsächlich nur jene Hypothese in Betracht. Es ist zwar der die mitteleozäne Landperiode — im Gegensatz zur protozänen — kennzeichnende Sachverhalt, daß in ihr Gebirgszerstörung und Bloßlegung älterer Schichten in weitem Ausmaße stattfanden. Zur Entblößung Eisen liefernder Schieferkerne kam es aber nicht. Solche mußten auch damals abseits gelegen sein. Denn wo die eozänen Breccien an Werfener Schiefer stoßen, handelt es sich nicht um Transgression, sondern um tektonischen Kontakt an steiler Faltenverwerfung.

Über den Grad der Ausprägung des Mediterranklimas im mittleren Eozän gestattet der Bauxit dieser Zeitstufe — aus ähnlichen Gründen wie der protozäne für seine Bildungszeit — kein genaueres Urteil. Dagegen ist es wieder das gänzliche Fehlen von Resten einer Landflora, was auf ein scharf ausgeprägtes semiarides Klima weist, in dem jede Humusanhäufung fehlte.

Die unteroligozäne Braunkohle.

Die reiche Flora, welche das am Monte Promina den nach diesem Berge benannten Schichten eingeschaltete Kohlenlager begleitet, wurde von Ettingshausen[1] und Visiani[2] beschrieben. Ein kleinerer Florenschatz aus der Nachbarschaft des jenem Lager ungefähr altersgleichen Schieferkohlenflözes von Ruda[3] wurde von mir bestimmt.[1] Betreffs der Altersdeutung der Kohlen des Monte Promina stimmten die Ergebnisse der Phyto- und Zoopalaeontologen nicht überein.

---

[1] Ettingshausen, Die eozäne Flora des Monte Promina. Denkschr. der Akad. der Wiss., VIII, 1854.

[2] Visiani, Pianti fossili del Monte Promina. Memorie dell' istituto veneto di sc. lett. ed. art. VII. 1858.

[3] Kerner, Das kohlenführende Palaeogen von Ruda in Mitteldalmatien. Verh. der Geol. Reichsanstalt, 1907, Nr. 6.

Oppenheim[2] stellte die Süßwasserfauna der unteren Prominaschichten noch in das obere Bartonien, Heer[3] nahm im Hinblick auf die schon von Ettingshausen betonte große Verwandtschaft der Prominaflora mit den Floren von Häring und Sotzka für erstere ein untertongrisches Alter an. Als Beweis gegen ein obereozänes Alter der Prominaflora führte Heer ihre völlige Verschiedenheit von der Flora des Monte Bolca ins Treffen. Der Ansicht Heer's schlossen sich später auf Grund der Faunenuntersuchung de Stefani und Dainelli[4] an.

Nach Ettingshausen setzt sich die Braunkohlenflora des Promina aus dreierlei Bestandteilen zusammen; aus Pflanzen, die an dürren, sandigen oder felsigen, ganz niedrigen Stellen wuchsen, aus Pflanzen, die auf felsigen, buschigen Anhöhen und an ähnlichen Orten der Täler gediehen und aus Pflanzen der dichteren und feuchteren Wälder an den Ufern von Flüssen.

Von den nach Abzug der Gefäßkryptogamen und Wassergewächse verbleibenden 55 Pflanzenarten entfallen 65% auf die mittlere, 15% auf die erste und 20% auf die letzte Gruppe. Von den von mir aus Ruda bestimmten 42 Spezies gehören 70% der mittleren Gruppe an. Die örtliche Nachbarschaft feuchten und trockenen Bodens mußte sich mit einem zeitlichen Wechsel von Nässe und Dürre verknüpfen. Bei gleichmäßig über das Jahr verteilten Regen hätten die Xerophyten nicht zu gedeihen vermocht; in einer dauernd regenarmen Gegend wären die Hygrophyten nicht wachstumsfähig gewesen. Die Prominaflora weist so auf ein Klima mit deutlich ausgeprägter Regen- und Trockenzeit hin. Ein solches konnte in einem insularen Gebiete am Nordrande des Hochdruckgürtels nur ein Klima mit Regen in der kälteren Jahreszeit sein. Die Prominaflora ist sonach das Wahrzeichen eines Klimas von derselben hydrometeorischen Tracht, wie jenes, welches die Bauxite bezeugen. Man sollte dann annehmen, daß die felsigen Höhen, die aus den Flußniederungen und Ästuarien aufragten, ein roterdetragendes Karstgebiet waren, gleich den Anhöhen, auf denen jetzt die Macchienflora gedeiht, während die dürren, sandigen Stellen in den jetzt von Tamarisken besäumten Küstenstrecken, die feuchten

---

[1] Kerner, Tertiärpflanzen vom Ostrande des Sinjsko Polje in Dalmatien. Ebenda, 1902, Nr. 14 und 15; und Beitrag zur fossilen Flora von Ruda. Ebenda, 1906, Nr. 2. — Alt- und jungtertiäre Pflanzenreste aus dem obersten Cetinatale. Ebenda, 1916, Nr. 8.

[2] Oppenheim, Über einige alttertiäre Faunen der österr.-ung. Monarchie. Beitr. zur Pal. Öst.-Ung. und des Orients. XIII.

[3] Heer, Flora tertiaria Helvetiae.

[4] Dainelli, Il miocene inferiore del Monte Promina in Dalmazia. Atti d. r. acc. d. Lincei. 1901; und Palaeontographica italica 1901.

Niederungen in den mit Pappeln und Weiden bewachsenen Uferzonen der heutigen Küstenflüßchen allerdings sehr schwache Analoga fänden. Dann drängt sich die Frage auf, wie es sich mit den Anzeichen von Roterdebildung im dalmatischen Oligozän verhält.

Schon Stache[1] wies auf das Vorkommen von bohnerzführendem Ton auf der Ostseite des Monte Promina hin. Es greifen dort Konglomerate der unteren kohlenführenden Prominaschichten auf tieferen Kreidekalk über. Stache sah dieses Vorkommen aber als eine noch aus dem Mitteleozän stammende Roterde an und rief es als Zeugen für eine schon zu jener Zeit stattgehabte Emersion auf. Die tonigen Brauneisensteine nahe dem Gipfel des Promina liegen dort, wo die obersten Konglomerate auf Rudistenkalk transgredieren und kommen so nicht mehr als Zeugen von Verwitterungsvorgängen zur Zeit des Wachstums der Prominaflora in Betracht.

Am Koziak und auf der Kamešnica treten an der Grenze der Tertiärkonglomerate gegen den kretazischen Untergrund keine nennenswerten Einschaltungen von Eisenton auf. Man könnte nun wohl annehmen, daß die Terra rossa-Decken an den Rändern der aus den Flußniederungen aufgestiegenen Felshöhen durch Hochwässer weggespült wurden. Dann würde man aber ein reicheres Auftreten roten Zements in den Konglomeraten erwarten. Auch die Plattenkalke und Mergelschiefer der Prominaschichten zeigen meist lichtgelbliche oder bläulichgraue Farben und weisen nur selten einen Stich ins Rötliche auf.

Man hat sich das Gebiet der Prominaschichten (zu ihrer Bildungszeit) als ein an Ästuarien und sich verzweigenden Mündungsarmen reiches Delta vorzustellen. Da konnte es wohl sein, daß Aufschwemmungen von Roterde wegen allzu großer Verdünnung ihre färbende Kraft verloren. Die früher erwähnte rosenrote Färbung der Boreliskalke widerspricht dem nicht. Es kann sein, daß Sinkstoffe, wenn sie ins Meer gelangen, über ein viel weniger weites Areal verschleppt werden, als wenn sie in Flüsse geraten. Es ist so als wahrscheinlich anzusehen, daß in Dalmatien auch im Unteroligozän das außerhalb der Flußniederung gelegene Land verkarstet und teilweise mit Roterde bedeckt war. Bauxit und Kohle schließen sich so als Wahrzeichen desselben Klimas nicht überhaupt und nur insoweit, als es sich um Kalkboden handelt, aus.

Wo von felsigen Lehnen abgespülte pflanzliche Reste in den Uferschlamm ständiger Flüsse und Seen gerieten, konnten sie der Umbildung in Humus und — sofern sie holzig waren — der Umwandlung in Kohle unterliegen. Die Flüsse, welche die Prominakonglomerate aufschütteten, konnten nicht erst in der Küstenzone entspringen und brauchten so in ihrer Wasserführung auch nicht vom Küstenklima im Sinne eines sommerlichen Versiegens beeinflußt zu sein. Ihr Uferschlamm war dauernd feucht. Die Hauptmasse der Prominakohlen wird man aber naturgemäß von den in der Flußniederung selbst gewachsenen Bäumen herleiten.

---

[1] Stache, Über das Alter bohnerzführender Ablagerungen am Monte Promina. Verh. der Geol. Reichsanstalt. 1886, Nr. 15.

Wo die abgestorbenen Pflanzenreste durch die Regenfluten des Winters in Karstmulden geschwemmt wurden, deren Boden im Sommer ganz austrocknete und sich erhitzte, wurden sie aber allmählich zersetzt. Auf den durch den Rückzug des Rudisten- und Alveolinenmeeres erstandenen Küstenländern widerfuhr den Resten der Pflanzenwelt nur dieses letztere Schicksal. Das Fehlen fluviatiler Konglomerate im Protozän und Mitteleozän beweist, daß damals der verkarstete Küstensaum nicht durch Schwemmlandgebiet unterbrochen war. Selbst das Dasein der kleinen heutigen Küstenflüsse knüpft sich an Aufbruchszonen triadischer Schiefer als ihre Ursprungsgebiete. Solche Aufbrüche fehlten noch in den genannten beiden Stufen des Tertiärs und auch aus entfernteren Hinterländern kamen damals keine Flüsse heran.

Der altpliozäne Lignit.

Während aus dem lignitführenden Neogen der Insel Pago Pflanzenreste, vorzugsweise Koniferen, von Radimski[1] schon vor längerer Zeit erwähnt worden waren, wurden solche aus der Lignitformation des festländischen Dalmatien erst durch mich bekannt gemacht.[2] Meine Funde bestanden hauptsächlich in Wasser- und Sumpfpflanzen, die mir wertvolle Behelfe zur Detailgliederung[3] des Neogens im Cetinatale wurden, soweit nicht schon die von Hauer und Stache entdeckte und von Brusina genau bearbeitete Süßwasserfauna die Mittel für eine solche Gliederung bot. An einigen Orten fanden sich auch Reste von Landpflanzen. Sie sind aber zu spärlich, als daß man aus ihnen schon ein klares Bild der Flora gewänne.

Neumayr[4] schrieb den neogenen Süßwasserschichten Dalmatiens einen großen stratigraphischen Umfang zu, indem er sie teils noch der dritten Miozänfauna, teils der pontischen Übergangsfauna, teils der levantinischen Stufe zuteilte. Für ein Hinabreichen des Cetinenser Neogens in die sarmatische Stufe sprach sich auch Stache aus, der, wie später Kittl, ihre obere Grenze ins Pleistozän hinaufschob. Die Blattreste gehören teils den noch sarmatischen Ceratophyllumschichten, teils den Fossarulidenmergeln, teils den Congerienschichten an.

---

[1] Radimski, Das Lignitvorkommen auf der Insel Pago. Verh. der Geol. Reichsanstalt. 1877, Nr. 6 und 11.

[2] Kerner, Neogenpflanzen vom Nordrande des Sinjsko polje. Jahrb. der Geol. Reichsanstalt. 1905.

[3] Kerner, Gliederung der Sinjaner Neogenformation. Verh. der Geol. Reichsanstalt. 1905. Nr. 6.

[4] Neumayr, Geologie der Insel Kos. Denkschr. der Akad. der Wiss. 1880.

Das dürftige, aus den bisherigen Funden erstehende Bild der früh- bis vorpontischen[1] Flora Dalmatiens fügt sich dem Rahmen ein, in welchem die alpinen und transalpinen Floren derselben Zeitstufe sich zeigen. Rein tropischen Typen sicher zuzurechnende Reste fehlen.[2] Zurückgebliebenen Formen der wendekreisnahen Subtropen (so das hoch hinaufreichende, leicht erkennbare *Cinnamomum Scheuchzeri*, analog dem südjapanischen *C. pedunculatum*) erwächst in Arten sommergrüner Wälder (Reste von Amentaceen und von *Juglans*) ein Gegengewicht. In der Mehrheit sind Formen der warmen Zone (*Myrica, Laurus, Diospyros, Myrsine. Daphne, Rhododendron*). Erwähnt sei noch, daß von zwei sehr bezeichnenden Arten der neogenen Süßwasserflora die eine, *Ceratophyllum Sinjanum,* dem *C. pentacanthum* in den Tümpeln des Alföld, die andere, *Damasonium Sutinae*, dem *D. Alisma* der Mittelmeerländer gleicht.

An der Berührungslinie des Jungtertiärs mit dem Gebirgsgerüste sieht man dort, wo sie nicht -- was wiederholt der Fall — einer Verwerfung, sondern einer Auflagerungsgrenze entspricht, die Unterlage mit Krusten von tonigem und sandigem Brauneisen bedeckt, die oft in ein Haufwerk von Bröckeln zerfallen. Einschaltungen von Limonitflözen oder von Bauxitlinsen zeigen sich an der Neogenbasis nicht. Daraus erhellt, daß keinesfalls die klimatischen Bildungsbedingungen für Seeerz oder die für Sumpferz gegeben waren und daß der Boden der Mulden, in denen die Wassersammlung erfolgte, keine Roterdedecke trug. Die etwas tonigen Süßwasserkalke sind größtenteils weiß, lichtbläulichgrau oder blaßgelblich gefärbt. Eine Ausnahme machen nur die auf basalen Eisensteinkrusten unmittelbar ruhenden Schichten, die hellgelb gefärbt sind, und die Mergellagen auf permotriadischem Grunde, die eine der wechselnden Zufuhr von Abschlämmungen roter Schiefer. schwarzer Kalke und gelber Rauhwacken entsprechende Farbenbänderung zeigen.

Dies deutet an, daß in Mitteldalmatien keine Einschwemmung von Terra rossa in die Süßwasserbecken erfolgte und deren Umgebung keine großen Roterdelager umschloß. Auch Schubert berichtete aus seinem Aufnahmsgebiete, daß nur ganz vereinzelt eine Einschwemmung von Roterde in dünnen Lagen in das limnische Neogen vorkomme.

Direkte Zeugen der Verwitterungsvorgänge auf der pliozänen Landfläche gibt es dort, wo diese Fläche eine Überdeckung mit altquartären Lehmen und Sanden erfuhr. Wo diese wieder entfernt sind, zeigen sich in Norddalmatien neogene Roterdelager. Es mußte ja Roterde noch aus früheren Abschnitten des Tertiärs in großer Menge erhalten sein, ihre Neubildung war aber vielleicht damals nicht reichlich.

---

[1] Pontisch im geologischen, nicht im pflanzengeographischen Sinne.

[2] Eine *Ficus* und eine *Cassia* erscheinen in meiner Liste mit ? Ein Blättchen konnte ich mit Unger's *Bumelia oreadum* identifizieren, doch ist die systematische Stellung der von Unger, Ettingshausen und Heer den Seifenbäumen zugedachten Blattreste noch fraglich.

Klimatologischer Teil.

Die folgende Betrachtung entspringt den Gedankengängen, welche auch für meine früheren Arbeiten über die Vorzeitklimate leitend waren. Die Verknüpfung klimatischer Zahlenwerte mit Fossilien und Gesteinen erwächst hier nicht aus einem Irrglauben an die Zulässigkeit strenger thermischer Analogieschlüsse und die Ableitung solcher Werte aus palaeogeographischen Karten ist nicht der Auswuchs einer Wahnvorstellung, daß diese Karten richtig seien. Beide Maßnahmen fasse ich, wie andernorts dargelegt,[1] nicht als preiswerte sichere Lösungsmittel der Klimarätsel, sondern als einzige gangbare Wege zur Inangriffnahme der bezüglichen Probleme auf.

Terrigene Gesteine sind als Wertmesser der Vorzeitklimate nur beschränkt zu verwenden, da die klimatischen Werte in den Verbreitungsgebieten der verschiedenen Bodenarten große Schwankungen zeigen. Es ist das nicht die Folge einer relativen Unabhängigkeit der Bodenbildung vom Klima, sondern das Ergebnis eines bei dieser Bildung statthabenden Wechselspieles der klimatischen Faktoren, das in ihrem Produkte seinen Ausdruck findet. An erster Stelle kommt hier das Produkt aus Luftwärme und Luftfeuchtigkeit (beziehungsweise deren reziprokem Werte) in Betracht. Man kann aber nicht dieses zur Grundlage des Vergleiches machen und muß dessen beide Faktoren getrennt untersuchen.

Bestimmung der thermischen Palaeoklimate.

Zur Bestimmung des thermischen Roterdeklimas boten die wertvollen Tabellen in Hann's Klimakunde ausreichenden Stoff. Es ließen sich aus dieser Quelle für viele in das von Ramann umgrenzte Terra rossa-Gebiet fallende Orte die wichtigsten Kennzeichenwerte der Luftwärme entnehmen. Ramann dehnte den Roterdebegriff über die Terra rossa der Karstländer auch auf die roten Erden der aus Silikatgesteinen bestehenden Uferteile des Mittelmeeres aus. Hiedurch erfährt die klimatische Kennzeichnung des Roterdeklimas aber keine Verzerrung, da Schiefergebiete nur einen kleinen Bruchteil des Terra rossa-Geländes im Sinne Ramann's einnehmen und nicht die klimatischen Randwerte umfassen.

---

[1] Kerner, Synthese der morphogenen Winterklimate Europas zur Tertiärzeit. Diese Sitzungsber., 1913, Februar.

Aus je 50 Stationen des westlichen und östlichen Mediterrangebietes ergaben sich für die mittlere Jahrestemperatur aus den Häufigkeitszahlen von 1 Grad breiten und um je einen halben Grad vorschreitenden Wärmestufen je zwei durch ein tiefes Tal getrennte Scheitel: 15·3 und 17·7 für das westliche, 15·1 und 17·7 für das östliche Becken. Als Scheitelwerte der Temperaturen der extremen Monate wurden in gleicher Weise 11·2 und 25·1 im westlichen, 9·0 und 25·5 im östlichen Becken gefunden. Größere Verschiedenheit weisen die Scheitelwerte der Amplituden auf: 15·2 West und 18·7 Ost. Die Mittelwerte sind:

	Jahr	Kältester Monat	Wärmster Monat
West.....	15·9	8·7	24·2
Ost......	15·9	7·4	25·2

Als Durchschnittswerte der mittleren jährlichen Extreme ergaben sich aus im ganzen 50 Stationen für das Maximum 35·3, für das Minimum —2·1. Die Grenzen der Spielräume, innerhalb deren sich die genannten Werte bewegen, sind:

Mittl. Max.	Mittl. Sommermonat	Jahresmittel	Mittl. Wintermonat	Mittl. Min.
41·7	27·3	18·7	13·0	4·2
9·9	20·5	11·1	1·7	—11·2

Die obere Grenze der Mittsommerwärme im Terra rossa-Klima läßt sich bei 27·5° scharf ziehen. Die Orte mit Julitemperaturen über 28° gehören schon den Steppengebieten an (darunter in Europa Sevilla mit 29·4). Schwieriger ist es, das Roterdegebiet im Winter thermisch nach unten scharf abzugrenzen, da es ohne scharfe Grenze in das Gebiet der Braunerden übergeht. Läßt man die Grenze mit der des Karstes zusammenfallen, so erhält man als untere Grenze der Jännertemperaturen schon Werte unter Null (Mašun, 1000 *m*, am Krainer Schneeberg nach Trabert —3·9). Die Erden weichen dort aber wie auf den dalmatischen Bergen durch rotbraunen Farbenton schon sehr von den tiefroten Erden der dalmatischen Inseln ab. Die hier angenommene thermische Grenze schmiegt sich dem Rande des Verbreitungsgebietes der mediterranen Flora an.

Zwischen den vorangeführten Randwerten sollte das thermische Klima Dalmatiens in jenen Zeiten, aus denen Bauxite erhalten sind, gelegen gewesen sein, wenn — woran nicht zu zweifeln ist — die Bauxite Dalmatiens fossile Roterden sind, und sich die Bildung derartiger Erden in der Vorzeit unter ebensolchem Klima wie in der Jetztzeit vollzog.

Als Orthotemperaturen[1] der fossilen Pflanzenwelt des Monte Promina darf man jene annehmen, welche Heer für die

---

[1] Synthese der Winterklimate etc., p. 55.

Floren der unteren Schweizer Molasse bestimmte. Die Erlaubnis hiezu leitet sich daraus ab, daß jene Flora mit der aquitanischen Schweizer Flora 31 Arten gemein hat und mit den tongrischen Floren von Sotzka und Häring, die ihrerseits 54, beziehungsweise 44 Schweizer Arten enthalten, 38, beziehungsweise 36 Arten teilt. Artengemeinsamkeit kann wohl noch mehr als für Altersgleichheit, für Klimaübereinstimmung kennzeichnend sein.

Heer führte zum Vergleiche die Temperaturen von fünf Orten an, deren einer S. Cruz de Teneriffa ist. Läßt man, da Heer selbst sagt, daß im aquitanischen Schweizer Klima die Winter etwas kälter, die Sommer ein wenig wärmer als jetzt auf den atlantischen Inseln gewesen wären, S. Cruz weg, so erhält man im Mittel der vier anderen Orte

Jahr	Winter	Sommer
21·0	13·5	28·2

und im arithmetischen Durchschnitt der unter diesen vieren wieder als zum Vergleiche besonders geeignet bezeichneten beiden Orte

Jahr	Winter	Sommer
20·4	13·3	27·9

Als Orthotemperaturen der vor- bis frühpliozänen Flora von Sinj kommen die von Heer für die toskanische Obermiozänflora bestimmten in Betracht. Trotz der Spärlichkeit der dalmatischen Reste ist eine nahe Verwandtschaft der durch sie angedeuteten Flora mit der des Amotales nicht zu verkennen. Für den Wärmevergleich beachtenswert ist besonders das gemeinsame Vorkommen zweier Typen, die man als letzte Nachklänge an den tropischen Formenschatz ansehen möchte, die aber auch in den Westalpen noch hoch hinaufreichen (*Ficus tiliaefolia* und *Cassia hyperborea* u. *Phascolites*). Dazu kommt eine Vertretung von *Cinnamomum* in zwei verschiedenen Arten. Andrerseits sind beiden Floren boreale Einschläge (*Betula*, *Juglans*, *Pinus*) gemeinsam. Da nach Heer die jungtertiäre Flora Toskanas nur ein um 2 bis 3° wärmeres Klima als das der Jetztzeit erheischte, kommt man im Durchschnitt der auf 50 *m* Seehöhe reduzierten Temperaturen von Florenz und Siena bei Erhöhung um 2·5 für das Jahr, 3·5 für den Winter und 1·5 für den Sommer zu folgenden Zahlen:

Jahr	Winter	Sommer
17·3	9·1	26·4

Nach Heer sollten die vorangeführten Werte den Lufttemperaturen zur Zeit des Wachstums der Tertiärfloren entsprechen. Im Rahmen meiner Betrachtung sind es die Temperaturen, welche zu jener Zeit geherrscht hätten, wenn keine Wechsel im Wärmebedarfe erfolgt wären. Dort werden jene Werte als gegebene Größen betrachtet, hier spielen sie die Rolle von Werten, die man in diophantischen Gleichungen fallweise für einzelne Unbekannte einsetzt, um für andere eine mögliche Lösung zu finden.

Größere Bedeutung als die auf den schon von Heer gewandelten Pfaden erzielte Erkenntnis hätte eine von systematischen und pflanzengeographischen Gesichtspunkten unabhängige Bestimmung der alten Klimate auf Grund der oikologischen Merkmale der Pflanzen. Eine solche müßte durch einen Phytologen erfolgen, würde aber, da sie sich auch auf den feineren Bau der Blätter stützen sollte, die dalmatischen Pflanzenreste aber meist nur als Abdrücke vorliegen, nicht viel Erfolg versprechend sein.

Bestimmung der hydrometeorischen Palaeoklimate.

Für die Jahresmenge des Niederschlages ergaben sich aus 90 Stationen im Roterdegebiete aus den Häufigkeitszahlen für 10 *cm* breite und um je 5 *cm* vorschreitende Regenstufen zwei gut getrennte Scheitel bei 515 und 810 *mm*. Die Spaltung rührt davon her, daß sich bei Abnahme der Mengen gegen Süd die Steppen Spaniens und Anatoliens, das Westmittelmeer und die Gebirge der Balkanhalbinsel zu einem stationsärmeren mittleren Gürtel zusammenschließen. Der Mittelwert fällt zufällig mit dem Hauptscheitel zusammen (810 *mm*), sinkt aber bei Weglassung der obersten Glieder der Reihe schon auf 780 herab. Für die Regenmenge des nässesten Monates bekam ich als Scheitelwert 115, als Mittelwert 122 *mm*, für die Regenmenge des trockensten Monates liegt der Scheitelwert zwischen 2 und 3 *mm*, wogegen der Mittelwert 19 *mm* ist. Als Grenzwerte der Regenmengen ergeben sich:

Jahr	Nässester Monat	Trockenster Monat
1626	247	72
356	58	0

Für die absolute Regenmenge des mediterranen Sommers wurden als weit getrennte Scheitelwerte 22 und 108, als Mittelwert 81 gefunden (Zentralwert 62), für die relative Regenmenge dieser Jahreszeit als Scheitelwerte 3·1 und 8·7%, als Mittelwert 9·4%. Aus der Zusammenstellung der Regensummen der drei Monate November bis Jänner kamen als Scheitelwert 261, als Mittelwert 286 zum Vorschein (Zentralwert 275). Der relativen Regenmenge des Winters in der vorigen Abgrenzung erwächst als scharf markierter Scheitelwert 32, als Mittelwert 38·0%. Die Spielräume, innerhalb deren sich die vorgenannten Regenhöhen im Roterdegebiete bewegen, begrenzen sich wie folgt:

Winter absolut	Winter relativ	Sommer absolut	Sommer relativ
491	63%	282	21%
121	21	1	0

Von lokal abnorm gesteigerten Mengen (Fiume im Sommer, Ragusa und Korfu im Winter, Crcvice in allen Jahreszeiten) ist hiebei abgesehen. Die Zahl von 90 Stationen wurde durch Ergänzung der bei Hann angeführten Orte durch einige aus anderer Quelle entlehnte erreicht.

Als relative Luftfeuchtigkeit im Roterdegebiete ergab sich im Mittel aus 30 Stationen für den Winter 74·7, für den Sommer 56·9 und für das Jahr 66·7%. Die Verteilung der Stationen über den Spielraum ihrer Werte ist so gleichmäßig, daß die Mittel mit den Zentralwerten (74, 57 und 66·5) fast genau übereinstimmen. Als Grenzwerte der Luftfeuchtigkeit im Roterdeklima findet man:

Jahr	Winter	Sommer
77	81	70
61	68	40

Die Stationen an der ligurischen Riviera wurden nicht einbezogen, da dort der jährliche Gang der Luftfeuchtigkeit dem für das Mediterrangebiet normalen entgegengesetzt ist.

Als Bewölkungsmittel erhielt ich aus 50 Stationen 5·4 für den Winter, 2·1 für den Sommer und 4·0 für das Jahr. Auch hier fallen die Mittelwerte mit den Zentralwerten (5·3, 2·0 und 4·0) fast zusammen, wogegen die primären Scheitelwerte mehr abseits liegen (5·0, 1·8 und 4·2). Die Grenzwerte sind:

Jahr	Winter	Sommer
5·4	6·6	4·3
2·7	4·0	0·6

Die zur Ableitung vorstehender Feuchtigkeits- und Bewölkungsgrade verwendeten Reihen waren (außer für die Jahresmittel) nicht homogen, da die bei Hann zur Aufzeigung der Jahresschwankung angeführten Zahlen teils Werte der extremen Jahreszeiten, teils solche der extremen Monate sind. Der hier erstrebte Zweck, den möglichen Spielraum der hydrometeorischen Werte im Bauxitklima aufzuzeigen, erheischte aber keine strenge Anwendung aller Regeln zur Gewinnung genau vergleichbarer Werte.

Betreffs des Hydroklimas von Mittel- und Südeuropa im Tertiär sah auch Heer davon ab, auf phytologischer Grundlage Zahlenwerte zu nennen. Er war sich dessen bewußt, daß die Annahme des Regenregimes der südlichen Unionstaaten für das Tertiärland der Schweiz betreffs der mediterranen Florenanteile desselben die Negation einer bioklimatischen Analogie zwischen einst und jetzt in Hinsicht der Hydrometeore in sich schloß. Um so weniger mochte er bezüglich solcher Klimabildner ziffermäßige Vergleiche erwägen. Heer war allerdings bestrebt, die westalpine Tertiärflora in ihrer Gesamtheit zu betrachten und konnte so naturgemäß nur allgemeinste Züge des Klimas aufzeigen. Einzelfloren mögen immerhin zu näheren, sich bis zur Nennung von Zahlen vorwagenden Annahmen auch betreffs der Hydrometeore einladen. Es wurde schon erwähnt, daß man die Pflanzenwelt des Monte Promina als die eines Winterregengebietes ansehen muß und es läßt sich wohl versuchen, über das Maß der Ausprägung desselben einen Schluß zu ziehen.

Man wird diesen zunächst auf das Vorkommen von Proteaceen und Myrtaceen sowie von Celastrineen stützen, wobei freilich daran zu erinnern ist, daß gegen Ettingshausen's Proteaceen-Diagnosen mehrseits Bedenken erhoben wurden. Aus zahlreichen Stationen West- und Südaustraliens ergibt sich als relative Regenmenge des Sommers 9·6 %; auch am Kap entfällt auf diese Jahreszeit fast ein Drittel der Normalmenge. Die relativen Regenmengen des Winters sind 40 bis 45 am Kap und im Durchschnitt 47 in West- und 39 in Südaustralien.

Für die relative Feuchtigkeit im Jahresmittel und zur nässesten und trockensten Zeit können am Kap 67, 75 und 56, im neuholländischen Proteaceenlande 58, 70 und 50 als Durchschnittswerte gesetzt werden. Erstere stimmen mit den für das Roterdegebiet gefundenen genau überein. Die entsprechenden Zahlen für die Bewölkung sind 3·7, 4·3 und 2·9 am Kap und 4·3, 6·0 und 2·7 in West- und Südaustralien (letztere von den Mittelzahlen im Mediterrangebiet wenig verschieden).

In den außerhalb der feuchten Regenwälder gelegenen Teilen des Tropengürtels, in deren Floren sich auch Analoga zu den Prominapflanzen finden, liegt die relative Regenmenge der trockensten Jahreszeit — von Extremen abgesehen — zwischen 7 und 13 %; jene des nässesten Vierteljahres ist großen Schwankungen ausgesetzt (bis 40 %). Ähnliches gilt von Bewölkung und Feuchtigkeit. Es wird so als Maß der Ausprägung des subtropischen Regenregimes im Unteroligozän Norddalmatiens ein zwischen $\frac{1}{3}$ und $\frac{1}{2}$ gelegener Wert des pluviometrischen Quotienten des Sommers annehmbar sein. Für den Winter käme ein zwischen $1\frac{1}{2}$ und 2 gelegener Wert dieses Quotienten in Frage.

Die altpliozäne Flora von Sinj weist Typen der Mittelmeerländer und des Orients in Mischung mit tropischen Nachklängen und borealen Einschlägen auf. Man wird so auch für die Zeit ihres Gedeihens keine sehr scharfe Ausprägung des mediterranen Regenregimes vermuten.

Gleich der Prominaflora birgt auch die Flora von Sinj Pflanzenformen, deren nächste Verwandte in Ländern mit Sommerregen gedeihen (südjapanischer Kampferbaum). Auch dieser Umstand scheint auf eine nicht sehr ausgeprägte Trockenheit des Sommers zu deuten. Die Rotbuche Mitteleuropas dringt jetzt am Svilajakamme (nordwestlich von Sinj) bis dahin vor, wo der pluviometrische Quotient des Juli und August unter $^1/_2$ zu sinken beginnt.[1] Andrerseits reicht die Macchienflora im südlichen Istrien bis dahin nach Nord,[2] wo der trockenste Monat vom Juli auf den Jänner umspringt.[3] Die relative Regenmenge des Sommers in Pola ist 21%,[4] die des Winters 27%.[5]

Bestimmung der morphogenen thermischen Klimate.

Zur Beurteilung des morphogenen thermischen Klimas Dalmatiens im Tertiär sind zunächst die von mir aufgestellten Formeln[6] für die stenomorphogenen Wintertemperaturen Europas dienlich. Für einen mittleren Punkt des Bauxitlandes, entsprechend $\varphi = 43^\circ\, 30'$, $\lambda = 16^\circ\, 30'$ ö. v. Gr. ergeben sich durch einfache Interpolation aus den für die Schnittpunkte fünfter Meridiane und Parallele auf Grund von Matthew's Karten[7] von mir bestimmten Werten folgende stenomorphogene Jännertemperaturen:

Protozän	8·1,	Oligozän	10·0,
Eozän	9·9,	Pliozän	3·7.

Die stenomorphogenen Sommertemperaturen lassen sich nicht über das ganze Mittelmeerbecken hin durch eine einfache Formel, in der die Landbedeckung als Variable eines positiven Gliedes erschiene, darstellen, da das Land zwischen Pontus und Adria auch im Sommer wärmemindernd wirkt. Während sich über der waldlosen Meseta eine von der 26°-Isotherme rings umschlossene Pleiotherme erhebt und den vorwiegend kahlen Küstenländern des jonischen Meeres zwei nach Nord vorgestreckte Zungen jener Isotherme entsprechen, schließt die durch das Schwarze Meer bedingte südliche Vorwölbung der 24°-Isotherme auch den waldreichen

---

[1] F. v. Kerner, Regenprofile durch Dalmatien. Met. Zeitschr. 1918, Heft 9 und 10, p. 220.

[2] A. v. Kerner, Florenkarte von Österreich-Ungarn in Physikal. stat. Handatlas von Österreich-Ungarn. Wien 1887.

[3] F. v. Kerner, Untersuchungen über die Veränderlichkeit der jährlichen Niederschlagsperiode im Gebiete zwischen der Donau und nördlichen Adria. Denkschriften der mathem.-naturw. Klasse der Akad. der Wissenschaften. 84. Bd., 1908, p. 19.

[4] Nach Hann (Regenverhältnisse Österreich-Ungarns), 21, nach Seidl (Klima von Krain) 19·7, nach der von mir untersuchten Reihe 21·3, nach Hann (Klimatologie, III. Aufl.) 20·4, nach dem Hydrograph. Zentralbureau 20·7. Das Verhältnis des Juli zum Februar (Jänner) ist nach denselben Quellen: 5 : 7, 4·8 : 6·4, 5 : 6, 4·9 5·4 und 5·6 : 4·8.

[5] Nach den vorigen Quellen: 31, 31·5, 26·9, 26·4 und 27·0.

[6] Kerner, Synthese der morphogenen Winterklimate Europas zur Tertiärzeit. Diese Sitzungsber., 122. Bd., IIa, Februar 1913.

[7] W. D. Matthew, Hypothetical outlines of the continents in tertiary times. Bull. Am. Mus. of Nat. Hist. New York 1906.

Stamm der Balkanhalbinsel ein. Als Wiederholung des wärmemindernden Einflusses reicher Waldbedeckung erscheint die südliche Ausbauchung der 22°-Isotherme über Siebenbürgen (vielleicht spielt in beiden Fällen aber auch ein durch die Reduktion auf den Meeresspiegel nicht ganz kompensierter Einfluß der Seehöhen mit). Es ließen sich so nur für den westlichen Teil des Mittelmeerbeckens normale Beziehungen zwischen Sommerwärme und Landentwicklung aufzeigen.

Für die Julitemperatur am 40. Parallel ergab sich als einfachster Ausdruck:

$$t = 19 \cdot 66 + 12 \cdot 07\, L,$$

in welchem

$$L = \frac{1}{5}\,(3 f_{20} + 2 f_5),$$

wenn f_{20} und f_5 die prozentischen Landbedeckungen der um die betrachteten Punkte als Diagonalenschnittpunkte herumgelegten 20- und 5-Gradfelder sind. Die Formel gibt die beobachteten Werte mit einem mittleren Fehler von ± 0·37 wieder:

	20° W	15	10	5	0	5° E	10	15	20
berechnet..	19·7	20·5	20·0	28·0	27·5	24·6	25·0	26·0	26·5
beobachtet.	20·0	19·7	20·0	28·2	27·0	25·5	25·2	25·9	26·3
Differenz.	-0·3	+0·8	0·0	−0·2	+0·5	−0·9	0·2	+0·1	+0·2

Bei Beschränkung auf die Meridiane des Westmittelmeeres erhält man in analoger Art mittels des Ausdruckes

$$t = 21 \cdot 32 + 9 \cdot 16\, L$$

folgende Temperaturen und Abweichungen von den beobachteten Werten:

	5° W	0	5° E	10	15	20
berechnet........	27·7	27·3	25·1	25·4	26·2	26·5
beobachtet.......	28·2	27·0	25·5	25·2	25·9	26·3
Differenz....	-0·5	+0·3	-0·4	+0·2	+0·3	+0·2

Der höhere Wert des konstanten Gliedes entspricht der größeren Erwärmung des Binnenmeeres im Vergleiche zum benachbarten Ozean. Für f_{20} und f_5 wurden die seinerzeit von mir zur Ableitung der Jännertemperaturen ermittelten Werte gewählt.

Am 45. Parallelkreise erscheint der Einfluß der anchiperistatischen Bedeckung durch den Alpenbogen gestört, die euryperistatische Bedeckung reicht aber zur Darstellung der Temperaturen nicht aus. Durch die Ausdrücke

$$t = 16{\cdot}81+9{\cdot}69 f_{20} \quad \text{und} \quad t = 17{\cdot}44+7{\cdot}90 f_{20},$$

von denen der zweite unter Ausschluß der Werte von 10° W und 10° E zustande kam, wird so nur eine sehr unvollkommene Wiedergabe der Temperaturen mit mittleren Fehlern von ± 1·16° und ± 0·95° erzielt:

	20° W	15	10	5	0	5° E	10	15
berechnet	16·8	17·8	19·3	19·7	22·2	22·8	22·8	23·4
beobachtet	18·4	18·1	17·6	18·6	20·4	23·0	24·8	24·0
Differenz	—1·6	—0·3	+1·7	+1·1	+1·8	—0·2	—2·0	—0·6

Durch Einsetzung der aus den Karten Matthew's abgeleiteten Bedeckungswerte in obige Formeln erhält man für die Meridiane 15° und 20° E:

	Protozän		Eozän		Oligozän		Pliozän	
φ	15	20	15	20	15	20	15	20
45°	20·8	20·8	20·8	20·4	19·5	19·4	22·9	23·6
40°	22·8	21·8	21·0	21·7	21·5	21·1	25·6	27·4

und für $\varphi = 43° \; 30'$, $\lambda = 16° \; 30'$ E einen mittleren Punkt des Bauxit- und Braunkohlenlandes als stenomorphogene Julitemperaturen:

Protozän	21·3,	Oligozän	20·1,
Eozän	20·8,	Pliozän	24·0.

Die relative Niedrigkeit der Werte für das Alttertiär entspricht dem archipelagischen Charakter des Gebietes zu damaliger Zeit.

Über die eurymorphogene Komponente der europäischen Tertiärklimate lassen sich nur sehr unsichere Annahmen machen, da die Meinungen über die Morphologie des nordatlantischen Gebietes im Tertiär sehr widersprechende sind. Die Fragestellung kann hier nicht in der plumpen Form: »War im Tertiär eine nordatlantische

Landbrücke vorhanden oder nicht?« erfolgen; sie muß lauten: Inwieweit hat in den einzelnen Abschnitten des Tertiärs die Möglichkeit eines Austausches tropischer und arktischer Gewässer in horizontaler und vertikaler Richtung Wandlungen und Schwankungen erfahren? Der von Diener[1] ausgesprochene Satz, daß die Wanderung einer Landfauna (und Landflora) aus einem Gebiete in ein anderes auch über einen Archipel erfolgen kann, dessen einzelne Inseln zeitweilig miteinander in Verbindung traten, ohne daß zu irgendeiner Zeit eine ununterbrochene Landbrücke zu bestehen brauchte, ermöglicht es auch hier, gegensätzliche Standpunkte zu vereinen. Es bleibt aber noch ein großer Spielraum thermischer Möglichkeiten.

Heer's südwärts bis über die Azoren reichende Atlantis brächte (auch bei im Vergleich zu heute milderem Polarklima) dem westlichen Europa im Winterhalbjahre kalte, trockene Landwinde aus Nordwest, Koken's isländischer Brücke würden aber — wie Semper[2] zeigte — Westeuropas Küsten eine Erhöhung der Wintertemperatur um 7° danken. Matthew's in den Umrissen schon dem heutigen gleichender Atlantik[3] konnte für Westeuropa auch ein milderes Winterklima bedingen, wenn ihn unterseeische Barren (versunkene mesozoische Brücken) gegen Nord und Süd so abschlossen, daß seine Tiefen nicht kaltes Polarwasser füllte und der Wasserauftrieb im Kanarischen und im Benguelastrome dann auch keine Abkühlung der Passattriften hervorrief. Auch mußte der aus einer von zwei Seiten her mit lauem Wasser beschickten eurasiatischen Hälfte der Arktis rückkehrende Strom weniger kalt sein als jetzt der Ostgrönlandstrom. Für die Überlegung, daß aus einer in ihren festländischen Teilen waldbedeckten Polarkappe rückkehrende Ströme schon auf Grund dieser Herkunft nicht kalt gewesen wären, ist hier aber kein Platz, insolange das Polarklima des Tertiärs auf geographischem Wege nicht befriedigend erklärt wird.

Als Wirkung des indischen Stromes auf das Klima Südeuropas im Palaeogen glaubte Heer eine Temperaturerhöhung um 4° annehmen zu sollen.

Das ist insoferne zu wenig, als die indische Trift durch den aus der westsibirischen Straße rückgeflossenen Strom minder stark abgekühlt wurde als jetzt der Golf durch den Labrador und die thermische Wirkung des (abgekühlten) Golfstromes auf Westeuropa, die Heer zum Vergleiche heranzog, etwas größer ist als Heer annahm. Andrerseits muß bedacht sein, daß der thermische Einfluß der indischen Trift auf die Inseln im Mittelmeer nur insoweit zur Geltung kam, als jene Trift noch die diese Inseln im Westen bespülenden Fluten erwärmte. Der von Semper für die Westküsten Europas erhaltene Wärmezuwachs stellt für diese einen Höchstwert dar und würde auch ostwärts abflauen. Er wäre im Jahre wenig veränderlich, wie folgende Zusammenstellung der Temperaturen in $\varphi = 45$, $\lambda = 20^\circ$ w. v. Gr. zeigt:

---

[1] C. Diener, Die marinen Reiche der Triasperiode. Denkschr. der Akad. der Wissensch., mathem.-naturw. Klasse, 92. Bd., p. 130.

[2] M. Semper, Das palaeothermale Problem. Zeitschr. der Deutschen geol. Ges., 1896, p. 317.

[3] Neuerlich verlegt Matthew die Entstehung des Atlantischen Ozeans an das Ende der palaeozoischen Ära zurück. Plato's Atlantis in Palaeogeography. Proc. Nat. Acad. of Sc. of the U. S. of Amerika, 1920.

	Wasser		Luft	
	Tertiär	Jetztzeit	Tertiär	Jetztzeit
Winter	21·0	13·5	20·0	12·2
Sommer	24·2	17·3	25·0	18·2

Als sicher ergibt sich nur für das Mitteleozän und Unteroligozän ein eurymorphogener Wärmezuwachs von mehreren Graden, wobei freilich seine Größe noch unsicher bleibt und auf etwa 4° nur geschätzt werden kann. Ob dann für alle vier hier betrachteten Zeitabschnitte noch ein ungefähr ebenso groß zu schätzender oder nur ein geringer Wärmebetrag hinzukommt, hängt davon ab, welche palaeogeographische Auffassung zu Recht besteht.

Bestimmung der morphogenen hydrometeorischen Klimate.

Die Lösung des Problems, das morphogene hydrometeorische Klima Dalmatiens im Tertiär zu ermitteln, soll hier für die relativen Regenmengen des Sommers und Winters versucht werden. Die Darstellung der ersteren hat an das Verhalten des Luftdruckes anzuknüpfen. Die sommerliche Regenarmut wächst mit Zunahme der Beständigkeit und Stärke der nördlichen Winde. Das Kartenbild der Juliisobaren auf der indo-atlantischen Halbkugel lädt dazu ein, den Luftdruck im Subtropengürtel als Funktion der Meeresbedeckung darzustellen. Statt peristatischer Bedeckungen wurden diesmal lineare Werte, die Wasserbedeckungen von Parallelkreisbogenstücken bestimmt. Die Größenwahl dieser Bögen ergab sich aus der Lage und Ausdehnung des azorischen Hochs, indem für die von den in dieses Hoch fallenden Punkten halbierten Bögen volle Meeresbedeckung zu fordern war. Den Bögen war dann am besten eine Weite von 40 Längengraden zu geben.

Es zeigte sich jedoch, daß die Luftdrucke auf den einzelnen Breitenkreisen durch die auf diesen allein vorhandenen Bedeckungen noch nicht gut darstellbar waren. Es mußten Mittelwerte der Bedeckung auf mehreren einander benachbarten Parallelen genommen werden, was dann gleichsam einen Ersatz für die Bestimmung von Flächenwerten der Bedeckung bot. Zunächst war eine geographische Analysis des Luftdruckes am 30. und 45. Parallel geplant. Zu dem Zwecke wurden in der von diesen Parallelen eingeschlossenen Zone in Intervallen von je $2^1/_2{}^\circ$ Breite für um je 20 Längengrade abstehende Punkte von 40° W v. Gr. bis 80° E v. Gr. die Meeresbedeckungen (*m*) der von diesen Punkten halbierten 40°-Bögen bestimmt.

Zur Darstellung des Luftdruckes am 30. Parallel ergab sich dann als passendste Wahl der heranzuziehenden Breiten die Kombination:

$$\frac{1}{6}(32\cdot5+2\times35+2\times37\cdot5+40).$$

Der hiebei erhaltene Ausdruck war:

$$B = 747\cdot4+19\cdot6\,m.$$

Derselbe gibt die beobachteten Werte befriedigend wieder, wie folgende Zusammenstellung zeigt, in welcher B die aus der Karte der Juliisobaren im Atlas der Meteorologie von **Hann** entnommenen, B' die berechneten Luftdrucke sind und m die in obiger Art erhaltenen Bedeckungswerte bedeuten:

λ	B'	B	$B'-B$	$m\,^0/_0$
40° W v. Gr.	767·0	767·0	0·0	100
20	63·3	62·9	+0·4	81·1
0	59·5	59·8	—0·3	61·8
20° E v. Gr.	57·6	58·1	—0·5	52·0
40	52·9	52·4	+0·5	27·9
60	48·1	47·4	+0·7	3·4
80	47·4	48·2	—0·8	0·0

Um den Luftdruck auf dem 45. Parallel darzustellen, erwies sich für die zwecks Bestimmung von m zu treffende Breitenwahl als passend die Kombination $\frac{1}{3}(37\cdot5+40+42\cdot5)$, doch mußte hier wegen der Beschleunigung der Luftdruckabnahme gegen Ost zu einer Wurzelziehung geschritten werden, um eine gute Wiedergabe der gemessenen Werte zu erzielen. Es läßt sich verstehen, daß für den Druck über einem inmitten des Passatgürtels gelegenen Parallel (30°) die in dessen nördlicher Nachbarschaft vorhandene Land- und Meerbedeckung von Einfluß ist, der Druck über einem in der sommerlichen Hochdruckzone gelegenen Parallel (45°) aber schon durch die Bedeckungsart seiner südlichen Nachbarschaft mitbestimmt wird. Nach **Hann's** Isobarenkarten des Juli liegt südlich der nach Süddeutschland vorgestreckten pleiobarischen Zunge ein Rücken hohen Druckes über dem Westmittelmeer, dessen First dem 40. Parallel folgt und deutet sich über dem Pontus eine östliche Fortsetzung dieses Rückens an. Der auf die vorige Art gewonnene Ausdruck war

$$B = 751 \cdot 2 + 13 \cdot 0 \sqrt{m}.$$

Die mit ihm erhaltenen Werte und deren geringe Abweichungen von den gemessenen enthält die folgende Tabelle.

λ	B'	B	$B'-B$	m %	$\sqrt{m}$
40° W v. Gr.	764·2	764·2	0·0	100	100
20	63·5	63·7	−0·2	88·7	94·2
0	62·5	62·4	+0·1	75·0	86·6
20° E v. Gr.	60·6	60·6	0·0	53·0	72·8
40	57·3	57·6	−0·3	22·0	46·9
60	54·1	53·6	+0·5	5·1	22·6
80	51·2	51·3	−0·1	0	0
100	51·2	51·2	0·0	0	0

Mit Hilfe der gewonnenen Formeln ließen sich die Luftdrucke zur Mittsommerzeit in Dalmatien für die von **Matthew**[1] gezeichneten Bilder des Mediterrangebietes im Alt- und Jungtertiär rekonstruieren. Da eine lineare Interpolation für $\varphi = 43^1/_2{}^\circ$ aber als ein zu rohes Ermittlungsverfahren erschien, wurde noch ein analytischer Ausdruck für den Luftdruck in $37^1/_2{}^\circ$ Breite erzielt. Dies konnte zu einer Isobarenzeichnung für die genannten palaeogeographischen Bilder verhelfen, aus der sich dann bessere Luftdruckwerte ergaben.

Zur Darstellung des Luftdruckes in $\varphi = 37^1/_2$ wurden als Bedeckungszahlen dieselben Werte wie früher (für $\varphi = 45^\circ$), aber mit anderem Exponenten eingeführt. Der gefundene Ausdruck war

$$B = 748 \cdot 7 + 18 \cdot 0 \sqrt[4]{m'}.$$

Die mit ihm berechneten Luftdruckwerte, verglichen mit den gemessenen, sind:

---

[1] Auf **Matthew's** Kärtchen erscheint infolge ungenauer Zeichnung Dalmatien in den Zeiten der älteren Bauxit- und Braunkohlenbildung zum Teile noch meerbedeckt. Dies stört aber die Berechnung morphogener Klimawerte nicht viel, weil für diese die Bedeckungsart im weiteren Umkreise der betrachteten Punkte maßgebend ist, eine Größe, die durch Fehler in der nächsten Umgebung wenig beeinflußt wird.

λ	B'	B	$B'-B$	$m\,\%$	$\sqrt[4]{m^3}$
40° W v. Gr.	766·7	766·7	0·0	100	100
20	65·2	65·9	−0·7	88·7	91·4
0	63·2	62·9	+0·3	75·0	80·6
20° E v. Gr.	59·9	59·5	+0·4	53·0	62·1
40	54·5	55·0	—0·5	22·0	32·1
60	50·6	50·3	+0·3	5·1	10·7
80	48·7	48·2	+0·5	0	0
100	48·7	49·0	−0·3	0	0

Aus den Kärtchen von **Matthew** für das Protozän (= Post-Cretaceus), Eo-, Oligo- und Pliozän (Mio- und Pleistozän blieben hier außer Betracht) entnahm ich nachstehende Werte von m_1 für den 30. und von m_2 für den $37^1/_2$. und 45. Parallel.

		40°W	20	0	20° E	40	60	80	100
Protozän	m_1	100	87·3	82·7	83·2	81·4	47·1	5·8	0
	m_2	100	80·1	75·6	73·8	62·9	45·8	10·8	0
Eozan	m_1	100	89·1	84·6	87·8	93·2	100	57·5	15·3
	m_2	100	85·5	73·8	72·9	85·5	97·3	56·6	6·3
Oligozän	m_1	100	84·2	74·3	82·4	93·2	77·0	38·7	0
	m_2	100	76·5	70·2	80·1	82·8	72·9	45·9	0
Pliozän	m_1	100	80·1	67·1	48·5	15·3	0	0	0
	m_2	94·6	71·1	57·6	36·0	1·8	0	0	0

Durch Einsetzung dieser Werte von m_1, beziehungsweise der mit den Exponenten $^3/_4$ und $^1/_2$ versehenen Werte von m_2 ließen sich die Luftdrucke der folgenden Tabelle berechnen.

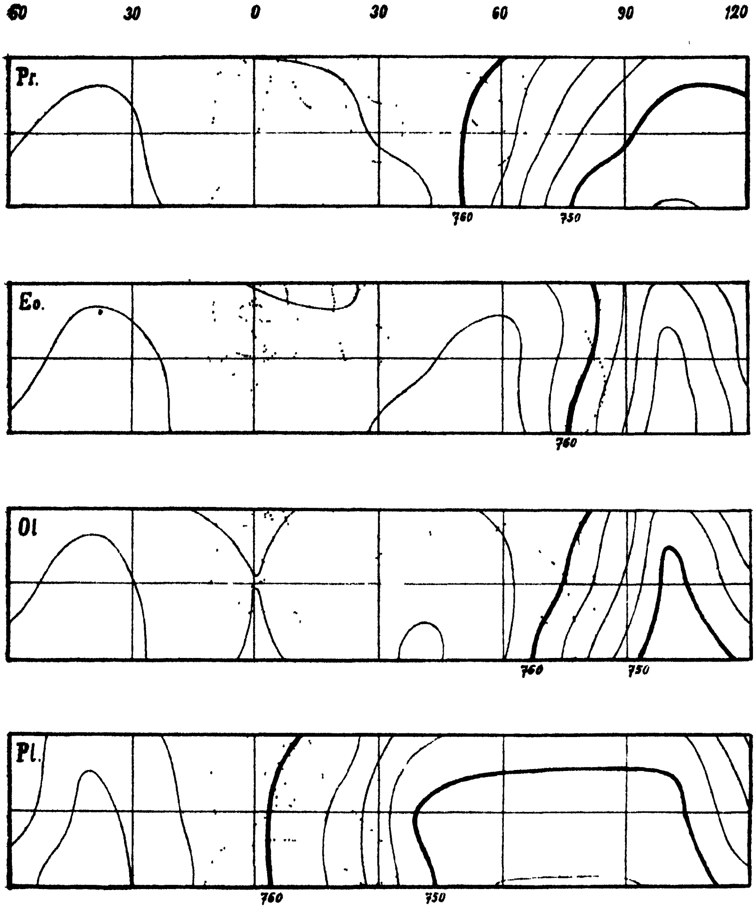
700 +	φ	λ							
		40° W	20	0	20° E	40	60	80	100
Protozän	45	64·2	62·8	62·5	62·4	61·5	60·1	55·5	51·2
	37½	66·7	63·9	63·3	63·0	61·4	58·7	52·1	48·7
	30	67·0	64·5	63·6	63·7	63·4	56·6	48·5	47·4
Eozän	45	64·2	63·2	62·4	62·3	63·2	64·0	61·0	54·5
	37½	66·7	64·7	63·0	62·9	64·7	66·3	60·5	51·0
	30	67·0	64·9	64·0	64·6	65·7	67·0	58·7	50·4
Oligozän	45	64·2	62·6	62·1	62·9	63·0	62·3	60·0	51·2
	37½	66·7	63·4	62·5	63·9	64·3	62·9	58·7	48·7
	30	67·0	63·9	62·0	63·6	65·7	62·5	55·0	47·4
Pliozän	45	63·8	62·2	61·1	59·0	53·0	51·2	51·2	51·2
	37½	66·0	62·6	60·6	57·1	49·6	48·7	48·7	48·7
	30	67·0	63·1	60·6	56·9	50·4	47·4	47·4	47·4

Mittels der in dieser Tabelle angeführten Werte, denen sich noch in sie nicht aufgenommene, für $\lambda = 60^\circ$ W v. Gr. und $\lambda = 120^\circ$ E v. Gr. berechnete Randwerte hinzugesellten, wurden Isobarenkärtchen entworfen, die auf nebenstehender Tafel reproduziert sind und aus denen ich folgende Luftdruckwerte für $\varphi = 43^1/_2$, die mittlere Breitenlage Dalmatiens, entnahm.

700 +	40° W	20	0	20° E	40	60	80	100
Protozän	65·0	63·1	62·7	62·6	61·5	59·2	54·6	50·9
Eozän	65·0	63·7	62·7	62·5	63·7	64·7	61·2	54·1
Oligozän	65·0	62·8	62·2	63·2	63·4	62·5	60·0	50·4
Pliozän..........	64·4	62·3	60·9	58·4	51·9	50·3	50·0	51·3

Mittels dieser Werte ließen sich die Luftdrucke für jeden fünften Längengrad graphisch interpolieren.

Von den auf diese Art gewonnenen Zahlen seien hier nur die in das Bogenstück zwischen 15° W v. Gr. und 45° E v. Gr. fallenden nebst ihren Differenzen (G) mitgeteilt (Pr. = Protozän, E. = Eozän, O. = Oligozän, Pl. = Pliozän).



Morphogene Palaeoisobaren des Juli

für die indo-atlantische Hälfte der Breitenzone zwischen dem 30. und 45. Parallel. Pr. = Protozän, Eo. = Eozän, Ol. = Oligozän, Pl. = Pliozän.

Die Diagramme sind um das $2\frac{2}{5}$fache überhöht (und dadurch unmerklich verzerrt, daß die für den $37\frac{1}{2}$ Parallel berechneten Luftdrucke auf die Halbierungslinie der Breitenzone bezogen wurden).

Die Isobaren sind von $2\frac{1}{2}$ zu $2\frac{1}{2}$ *mm* gezogen, jene von 760 und 750 durch dicke Zeichnung hervorgehoben.

Die punktierten Linien entsprechen den Küstenlinien auf den palaeogeographischen Kärtchen von W. D. Matthew. Die Insel- und Halbinselkörper erscheinen entsprechend der Diagramm-Überhöhung seitlich zusammengedrückt.

$B_\lambda = 700 +$					$G = B_\lambda - B_{\lambda+5}$				
λ	Pr.	E.	O.	Pl.	λ—λ'	Pr.	E.	O.	Pl.
15°W	62·8	63·4	62·6	61·9	15—10	0·2	0·2	0·2	0·3
10	62·6	63·2	62·4	61·6	10— 5	0·0	0·2	0·1	0·3
5	62·6	63·0	62·3	61·3	5— 0	0·1	0·3	0·1	0·4
0	62·7	62·7	62·2	60·9	0— 5	0·1	0·1	0·3	0·6
5° E	62·8	62·6	62·5	60·3	5—10	0·0	0·1	0·3	0·6
10	62·8	62·5	62·8	59·7	10—15	0·1	0·1	0·2	0·6
15	62·7	62·4	63·0	59·1	15—20	0·1	0·1	0·2	0·7
20	62·6	62·5	63·2	58·4	20—25	0·2	0·1	0·1	1·3
25	62·4	62·6	63·3	57·1	25—30	0·2	0·3	0·1	2·1
30	62·2	62·9	63·4	55·0	30—35	0·3	0·3	0·0	1·9
35	61·9	63·2	63·4	53·1	35—40	0·4	0·5	0·0	1·2
40	61·5	63·7	63·4	51·9	40—45	0·4	0·3	0·2	0·6
45	61·1	64·0	63·2	51·3	—	—	—	—	—

Diese Differenzen sind nun jene barischen Größen, deren Kenntnis mir zur Ableitung von relativen Regenmengen des Sommers nötig schien. Innerhalb des Mediterranbeckens läßt sich wohl auch eine Beziehung der Sommerdürre zur Land- und Wasserbedeckung erkennen. Zwecks ihrer Aufzeigung entwarf ich ein Kärtchen der relativen Isohyeten, um ihm auf dem 40. und 35. Parallel die Werte für jene Meridianschnittpunkte zu entnehmen, für die ich schon die Bedeckungen der peristatischen Gradfelder bestimmt hatte. Als einfachste Relationen ergaben sich für $\varphi = 40°$:

$$r_s = 4\cdot 05 + 9\cdot 92\,n$$

und für $\varphi = 35°$:

$$r_s = 0\cdot 12 + 11\cdot 86\,n,$$

wobei im ersteren Falle $n = \frac{1}{4}(f_5 + 3 \times f_{10})$, im letzteren $n = f_5$. Das Maß, in dem diese Beziehungen gelten, ist aus folgender Vergleichung zu ersehen.

$\varphi = 40°$	λ						
	10° W	5°	0°	5° E	10°	15°	20°
berechnet	6·8	11·3	10·1	7·4	7·1	7·6	9·1
beobachtet ...	7·0	12·0	10·0	8·0	6·5	8·5	7·5
Differenz ..	—0·2	—0·7	+0·1	—0·6	+0·6	—0·9	+1·6

$\varphi = 35°$	λ						
	0°	5° E	10°	15°	20°	25°	30°
berechnet	8·6	9·8	6·8	0·8	0·8	0·8	2·4
beobachtet ...	9·5	10·5	5·0	1·5	1·5	1·0	1·0
Differenz ..	—0·9	—0·7	+1·8	—0·7	—0·7	—0·2	+1·4

Jeder Parallelismus zwischen sommerlicher Trockenheit und Meeresbedeckung schwindet aber, sobald man beiderseits über die Grenzen des Mediterranbeckens hinausblickt. Auf den Azoren ist die relative Regenmenge des Sommers fast so groß wie auf der Meseta (Ponta Delgada 11·5, Madrid 12·8) und die exzessive Sommerdürre des Ostmittelmeeres setzt sich in gleich scharfer Ausprägung nach Mesopotamien fort.

Als während des Sommers im Orient über Land und Meer gleich wirksames atmosphärisches Agens erkennt man den ständigen nördlichen Luftstrom, der einer Scharung N—S streichender Juliisobaren entspricht. Daß der pluviometrische Quotient des Sommers auf Madera nur $^1/_{11}$, auf den Azoren aber $^1/_2$ beträgt, rührt davon her, daß erstere Insel in einer zwischen dem atlantischen Hoch und dem mesetischen Wirbel entwickelten Zugstraße starker nördlicher Winde liegt, die Azoren aber in den Kern der Pleiobare fallen. Diese spielt als rein dynamisches Phänomen in hydrometeorischer Hinsicht nicht die Rolle der als regenfeindlich bekannten, thermisch mitbedingten Luftstaue über Landflächen im Winter.

Da nun das Mediterrangebiet im Eozän und Oligozän mit dem indischen Weltmeer zusammenhing, bedurfte es zur Rekonstruktion seines Sommerregenregimes einer Formel, die gleicherweise für binnenmeerische und für ozeanische Sachlagen gilt, sich also nicht auf morphologische, sondern auf barische Verhältnisse stützt.

Um nun die Beziehungen zwischen der relativen Regenmenge des Sommers und der Druckverteilung darzustellen, wurden aus einer nach der Karte der Juliisobaren für $\varphi = 37^1/_2°$ (die »Längsachse« des Mittelmeeres) gezeichneten Luftdruckkurve die Druckdifferenzen zwischen je 5° Länge bestimmt und je 2, 4, 6 und 8 aufeinanderfolgende Werte dieser Differenzen zu Mittelwerten vereint, die einen Ausdruck für die mittleren Gradienten in der näheren und weiteren Nachbarschaft der Meridianschnittpunkte abgaben. Diese Mittelwerte wurden dann mit gleichem Gewichte (entsprechend einer Bewertung der besagten Druckdifferenzen mit abnehmendem Gewichte beim Wachsen ihres Abstandes vom zugehörigen Meridianschnittpunkte) zu Gesamtmitteln vereint, aus denen sich ein sehr gut ausgeglichener Gang der Geschwindigkeitsänderung des Luftdruckes ergab.

Dann wurden die relativen Sommermengen des Regenfalles an zahlreichen sich (in einem Abstande bis zu 5°) beiderseits der erwähnten Längsachse gruppierenden Stationen zu einer Kurve ausgeglichen, der ich die zu den besagten Meridianschnittpunkten gehörigen Werte entnahm, um sie mit den bezüglichen Werten der Gradientenkurve zu vergleichen (*A*). Andrerseits fand ein Vergleich jener relativen Sommermengen mit den der geographischen Länge der Stationen entsprechenden Werten der Gradientenkurve statt. Es wurden dabei zunächst nur insulare Stationen (*B*) und dann insulare und litorale Stationen gemischt benützt (*C*). Die auf diese verschiedenen Weisen gewonnenen Ausdrücke sind:

$$r_s = 15 \cdot 79 - 10 \cdot 87\, G \quad (A),$$

$$r_s = 16 \cdot 29 - 11 \cdot 39\, G \quad (B)$$

und

$$r_s = 14 \cdot 71 - 9 \cdot 76\, G \quad (C).$$

Für den ersten und zweiten seien die Ergebnisse der Analyse mitgeteilt.[1]

	25° W	10°	5°	0°	5° E	10°	15°	20°	25°
berechnet .	10·3	8·4	9·6	9·8	8·8	6·3	3·6	1·6	1·4
beobachtet	10·8	8·2	9·6	9·8	8·6	6·0	3·5	2·0	1·3
Differenz .	−0·5	+0·2	0	0	+0·2	+0·3	+0·1	−0·4	+0·1

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
berechnet .	11·3	10·7	9·0	9·7	9·6	7·4	4·5	3·5	1·2	1·4
beobachtet	11·4	11·5	8·8	10·6	8·0	7·0	4·9	3·4	1·8	0·8
Differenz .	−0·1	−0·8	+0·2	−0·9	+1·6	+0·4	−0·4	+0·1	−0·6	+0·6

Es wurden noch Relationen für den 35. und 40. Parallel aufgesucht, von denen erstere als konstantes Glied 13·62, letztere 17·24 erhielt, woraus sich unter Zuziehung der vorigen Ausdrücke für $43^1/_2$° der hohe Wert 18·2 ergab.

Die Sommermittel der Regenhöhe als Funktion des Julimittels der Luftdruckänderung darstellen, heißt wohl zeitlich Ungleichwertiges vergleichen, nicht aber auch virtuell Verschiedenes. Für die Unregelmäßigkeiten in der Wertgestaltung bei den Regenmengen als (auch noch in ihren Relativwerten) von örtlichen Umständen abhängige Größen läßt sich — wenn man sie mit von solchen Umständen unbeeinflußten barischen Größen vergleicht — gerade dadurch eine Kompensation schaffen, daß man bei den Regenmengen Durchschnittswerte für eine längere Zeitspanne als bei den Luftdruckwerten nimmt. Man ersetzt dann durch größere zeitliche Ausgeglichenheit, was gegenüber dem Luftdruck an Großzügigkeit des örtlichen Verteilungsbildes fehlt.

---

[1] Die mit römischen Ziffern bezeichneten Werte entsprechen in gleicher Reihenfolge den Stationen: Angra, Ponta Delgada, (Coimbra), Palma, Mahon, Sassari, Palermo, Catania, Canea, Thera.

Vereint man die in einer früheren Tabelle angeführten, für das Tertiär erhaltenen Druckdifferenzen in der vorhin angegebenen Weise zu Mitteln, so erhält man für den Durchschnittsmeridian von Norddalmatien ($\lambda = 16^1/_2{}^\circ$ E) die Werte 0·12, 0·14, 0·18 und 0·94 und durch Einsetzung derselben in die Formel (*B*) als relative Regenmengen des Sommers:

Protozän	14·9,	Oligozän	14·3,
Eozän	14·7,	Pliozän	5·6.

Formel *C* ergibt für die älteren Stufen je einen um 1·4 tieferen, für das Pliozän fast denselben Wert. Einer Höhenkorrektion bedürfen diese Werte nicht, da zur Ableitung der Formeln schon Stationen auf gebirgigen Inseln und an den Rändern von Küstengebirgen benützt wurden, sich die Formeln somit auf eine mittlere Gebirgigkeit beziehen. Wohl aber sind die vorigen Werte als stenothermogen zu bezeichnen, insofern sie die Verhältnisse aufzeigen, welche sich bei der gedachten Land- und Meerverteilung unter Annahme einer mit der jetzigen übereinstimmenden Oberflächentemperatur des Meeres ergäben. Eine Erhöhung derselben würde wohl die Winterregen steigern und so zu einer Minderung der relativen Sommermengen führen. Für diese wird man darum auch auf $\varphi = 43^1/_2{}^\circ$ höchstens die vorigen Werte ansetzen und nicht die noch höheren wählen, welche dem für diesen Parallel extrapolierten Konstantenwerte 18·2 entsprächen.

Die relativen Regenmengen des Winters im Mittelmeere ließen sich als Funktion der Land- und Wasserverteilung darstellen. Der barische Sachverhalt ist dann selbst enge an diese Verteilung geknüpft und es kommt so sein Einfluß auf die Regenverhältnisse schon in deren morphologischer Bedingtheit mit zum Ausdrucke. Eben darum bedurfte es für den Winter keiner Formel, die auch für die Azoren Geltung hätte. Auch das mit dem Indik verbundene Mittelmeer des Palaeogens war im Vergleiche zum Nordatlantik in engerem Umkreise landumringt und so ungleich diesem (die relative Wintermenge des Regens auf den Azoren ist nur 32 bis 36) als Schauplatz für eine starke Entwicklung zyklonaler Winterregen geeignet.

Für den 40. Parallel fand ich als einfachsten Ausdruck

$$r_{w} = 55\cdot94 - 42\cdot26n,$$

wobei $n = \frac{1}{2}(f_{10}+f_{20})$ und bei etwas geänderter Wertwahl $52 \cdot 93 - 36 \cdot 90\, n$. Ersterer gibt die Messungen befriedigend wieder.

	10° W	5°	0°	5° E	10°	15°	20°	25°
berechnet	43	32	29	32	36	36	33	31
beobachtet	42	31	28	33	38	37	33	30
Differenz	+1	+1	+1	−1	−2	−1	0	+1

Die Werte von r_w sind die Summen der relativen Regenmengen des November, Dezember und Jänner; sie sind meist größer als die des Winters in dessen gewohnter Begrenzung. Sie wurden einer Kurve entnommen, die ich durch graphischen Ausgleich aus den Regenmengen einer Anzahl von auf oder nahe dem 40. Parallel gelegenen Stationen gewann. Für $\varphi = 43^1/_2{}^\circ$ ergab sich auf analoge Weise bei in diesem Falle allerdings sehr unzuverlässiger linearer Interpolation aus den schon vorgelegenen Werten von f_{10} und f_{20} auf $\varphi = 40$ und 45° der Ausdruck

$$r_w = 54 \cdot 11 - 40 \cdot 07\, n,$$

in welchem die Variable die vorige Bedeutung hat. Die Auswertung ergibt:

	0°	5° E	10°	15°	20°	25°	30°
berechnet	29	28	30	28	24	24	27
beobachtet	30	30	32	27	22	22	27
Differenz	−1	−2	−2	+1	+2	+2	0

Setzt man die aus den von mir an Matthew's Kärtchen vorgenommenen Ausmessungen sich ergebenden Werte von $\frac{1}{2}(f_{10}+f_{20})$ für n in die vorige Gleichung ein, so erhält man als relative Regenmengen des Winters

Protozän 41, Oligozän 45,
Eozän 46, Pliozän 27.

Eine andere Formel, die den in sie einbezogenen Wert von $\lambda = 30°$ E allerdings nicht gut wiedergibt, liefert in gleicher Reihenfolge die Werte 39, 44, 43 und 27.

Trägt man die absoluten und relativen Regenmengen des Sommers im Mittelmeere als Koordinaten auf, so ordnen sich bei allerdings großer Wertestreuung die Stationen doch in einer diagonal verlaufenden Zone an, so daß man von den letzteren auf die ersteren Mengen rohest schließen kann. Einer relativen Menge von 14 entspricht so im groben Durchschnitt eine Regenhöhe von 110 *mm*, einer solchen von 6 eine Höhe von 40 *mm*. Daraus würde sich als Jahressumme des Niederschlages für die palaeogenen Stufen 800 *mm*, für das Altpliozän 670 *mm* ergeben. Als Winterregenmenge bekäme man für das Protozän 310, für das Eo- und Oligozän 350 und für das Pliozän 210 *mm*.

Schlußbetrachtung.

Es gilt nun, die aus den geologischen Erscheinungen erschlossenen Klimate mit den aus dem vorzeitlichen Erdbilde abgeleiteten zu vergleichen. Richtig wäre es hier, nur Wertspielräume in Vergleich zu ziehen. Wenn Heer zur Kennzeichnung des durch die Vorzeitfloren aufgezeigten Thermoklimas Durchschnittswerte statt Wertspielräume nahm, so war das bei geringer Weite dieser Spielräume statthaft. Durch terrigene Gesteine bezeugte Altklimate lassen sich bei der Eurythermie der Böden durch Durchschnittswerte aber nicht gut charakterisieren. Auch für die morphogenen Temperaturen wären die Spielräume, innerhalb deren sie sich bei Ableitung aus den Rekonstruktionen verschiedener Palaeogeographen bewegen, zu ermitteln. Die hier angeführten stenomorphogenen Wärmegrade sind nur Einzelwerte aus noch unbekannten Wertreihen. Um Einheitlichkeit zu erzielen, mußten so aber auch für das Terra rossa-Klima die Mittelwerte an Stelle der Amplituden zum Vergleiche genommen werden.

Im folgenden sind die bei engem thermischem Analogieschluß von den Bauxiten und Braunkohlenpflanzen bezeugten Luftwärmemittel, die »Orthotemperaturen« (t_0) mit den der vorzeitlichen Land- und Meerverteilung im Mediterrangebiet entsprechenden Mitteltemperaturen (t_{sm}) verglichen. J. = Jahr, W. = Winter, S. = Sommer.

	t_0			t_{sm}		
	J.	W.	S.	J.	W.	S.
Protozän	15·9	8·1	24·7	14·2	8·1	21·3
Mittel-Eozän	15·9	8·1	24·7	14·9	9·0	20·8
Unter-Oligozän	20·7	13·4	28·1	15·1	10·0	20·1
Unter-Pliozän	17·3	9·1	26·4	13·9	3·7	24·0

Als Differenzen ergeben sich:

	$t_{sm}-t_0$		
	J.	W.	S.
Protozän	—1·7	0·0	—3·4
Mittel-Eozän	—1·0	+1·8	—3·9
Unter-Oligozän	—5·6	—3·4	– 8·0
Unter-Pliozän	—3·4	—5·4	–2·4

Die Wertspielräume im Roterdeklima, verglichen mit den stenomorphogenen Temperaturen in den Zeiten mit Bauxitbildung sind:

J.	W.	S.		J.	W.	S.
11·1–18·7	1·7 13·0	20·5–27·3	Protozän ...	14·2	8·1	21·3
			Mittel-Eozän .	14·9	9·9	20·8

Von den stenomorphogenen Temperaturen der Zeitstufen mit Bauxitbildung weichen die Mittelwerte des Jahres und Winters von den entsprechenden Wärmemitteln im Roterdegebiete nur wenig ab. Die engformbürtigen Temperaturen des Sommers sind niedriger als im Mittel die jetzigen, fallen aber noch innerhalb des Spielraumes derselben. Die stenomorphogenen Temperaturen der Zeiten mit Braunkohlenbildung liegen dagegen durchwegs, zum Teile sogar tief unter den Temperaturen, bei welchen die den dalmatinischen Tertiärpflanzen analogen Gewächse der Jetztzeit gedeihen.

Im Protozän, für welches die eurymorphogene thermische Komponente nur wenig größer als die heutige zu schätzen ist, verbleiben nach ihrem Zuschlage die Temperaturen noch innerhalb des jetzigen Wärmespielraumes im Roterdegebiete. Die von Stache in Istrien entdeckte protozäne Landflora mit *Dryandra* und *Banksia* hätte nahe den oberen Grenzwerten jenes Spielraumes noch zu gedeihen vermocht. Die Mitteltemperaturen an und nahe den Südwestküsten Australiens kommen jenen im südlichen Mittelmeere gleich (Perth und Alger 18·3, Southern Cross und La Calle 18·2, Coolgardie, Patras und Naxos 18·5 bis 18·6).

Für das Mitteleozän ist der Mehrbetrag der eurymorphogenen Komponente gegen heute im Mindestfalle auf 5° zu schätzen. Schlägt man ihn in dieser Höhe zur stenomorphogenen Temperatur hinzu, so gehen die Jahres- und Wintermittel schon etwas über deren Höchstwerte im Roterdeklima hinaus und zieht man höhere Komponentenwerte in Betracht, werden jene Maxima sehr überschritten.

Daß die mitteleozäne Flora des Monte Bolca auf ein feuchtheißes Klima weist, zwänge noch nicht dazu, ein solches auch für das Lutétien in Dalmatien anzunehmen. Auch in den Tropen ändern sich die Klimate manchmal auf kurze Entfernung. Man trifft aber in Dalmatien selbst in der Nähe der Bauxite des Kalun die Zeugen eines sehr warmen Klimas zu ihrer Bildungszeit; es sind die der marinen Tierwelt von S. Giovanni Ilarione nahestehenden Faunen von Dubravice und Vacane im Westen der Kerka, die Oppenheim beschrieb. Man erkennt in ihnen die Lebewelt hochtemperierter Gewässer, welche den Küstensaum des jüngeren Bauxitlandes bespülten. Da dieses gebirgig war, wäre aber bei dessen morphogenen Temperaturen eine Höhenkorrektion anzubringen, derzufolge sie um einige Grade absänken. Sie kämen dann immerhin noch hart an die obere Grenze des thermischen Wertspielraumes im jetzigen Roterdeklima zu liegen. Nur wenn man Höchstwerte der eurymorphogenen Wärmekomponente heranzieht, wäre zu schließen, daß das Mediterrangebiet noch nicht alle thermischen Bildungsbedingungen der Roterde zeige, daß diese bei entsprechender Feuchtigkeit auch noch bei etwas höheren Wärmegraden als den im Südmittelmeer herrschenden vorkäme.[1] Andernfalls müßte man zur Annahme eines ungünstigeren Solarklimas greifen, um den sich zeigenden Überschuß der morphogenen Temperaturen über die aus den Bauxiten als Klimazeugen abgeleiteten zu begründen.

Erhöht man die stenomorphogenen Wärmegrade für das Unteroligozän um einen eurymorphogenen Wärmezuwachs von 5°, so werden die aus der Tracht der Vorzeitflora abgeleiteten Temperaturen im Jahresmittel hergestellt, im Winter überschritten, im Sommer aber noch nicht erreicht. Diese Abweichungen in entgegengesetztem Sinne deuten an, daß die Prominaflora einem thermisch gleichmäßigeren Klima angepaßt war als dem durch die früheren Analogieschlüsse gefundenen. Anlaß zum Ruf nach einem günstigeren Solarklima böten sie nicht. Im Gegenteile käme dann, wenn man einen höheren als den Mindestwert der für das Oligozän zu nehmenden eurymorphogenen Komponente erwägt, zum Ausgleich der dann eintretenden Überkompensation der palaeothermalen Differenz ein Abstrich an Solarwärme in Frage.

Im Pliozän, für welches kaum eine größere als die heutige eurymorphogene Komponente zu erwägen ist, hätte aber — falls für diese der Gegenwart schon so nahestehende Zeit eine biologische Wärmedifferenz außer Betracht bleibt — höhere Solarwärme den Unterschied zwischen den Orthotemperaturen und morphogenen Palaeotemperaturen ausgeglichen. Es sind dies Sachverhalte, die den gewohnten Vorstellungen nicht folgen, nach welchen im Palaeogen ein sehr günstiges Solarklima bestand, das bei dem Abfalle zu seinem Tiefstande in der Eiszeit während des Pliozäns seinen heutigen Wert durchschritt. Die von allen Palaeogeographen anerkannte starke Landentwicklung in Südeuropa im Pliozän zwingt aber zur Annahme tiefer stenomorphogener Temperaturen des Winters, denen nicht ebenso große Erhöhungen der Sommerwärme entgegenstehen. Zum mindesten müßte man den Floren des Pliozäns die Anpassung an eine sehr große Wärmeschwankung zuschreiben, um von der Annahme eines günstigeren Solarklimas abzusehen. Erschwert scheint solcher Verzicht durch den Umstand, daß das jüngere Braunkohlenland gebirgig war — sein Bestand fiel in eine Zeit nach der Hauptfaltung — und so seine morphogenen Temperaturen einer Höhenkorrektion bedürfen, die sie noch um ein paar Grade erniedrigen kann.

---

[1] Ein von mir besuchtes tropisches Kalk- und Karstgebiet mit Terra rossa-Verwitterung (im Gegensatz zur Lateritverwitterung umliegender Gneis- und Porphyritgebiete) am oberen Rio das almas, einer Quellader des Paranapanema, hat jedenfalls Temperaturverhältnisse, die noch innerhalb des thermischen Spielraumes im Mittelmeerbecken fallen, doch gibt es auch in heißen Ländern (Jamaika, Sumatra) Kalkgebiete mit Karsterscheinungen.

Es bietet noch Interesse, die Palaeotemperaturen mit den jetzigen an dem Orte, wo erstere erhoben wurden, zu vergleichen. Als solcher Ort kommt Dernis in Betracht, das in nächster Nähe der protozänen Bauxite von Uncistan und der eozänen Bauxite des Kalun, in der Nachbarschaft des Monte Promina und am Westende des Petrovopolje liegt, an dessen Südostende Neogenpflanzen von mir gefunden wurden. Die Temperaturen des Jahres und der extremen Monate zu Dernis sind nach Trabert: 13·8, 4·4 und 24·1. Sie sind sonach um 2·1, beziehungsweise 3·7 und 0·6 tiefer als die Gesamtmittel im Roterdeklima. Nimmt man für das Jahr 0·5, für den Winter 0·6 und für den Sommer 0·4 als Temperaturabnahme mit der Höhe an, so erhält man, da Dernis 300 *m* hoch liegt, als Wärmegrade im Meeresniveau 15·3, 6·2 und 25·3.

Im folgenden sind die von den Bauxiten und Braunkohlenpflanzen bezeugten Regenregime (r_0) mit den aus der Land- und Wasserverteilung zu ihrer Bildungszeit abgeleiteten (r_m) verglichen, für welche die tieferen der gefundenen Werte gesetzt wurden.

	r_0 (Spielraum)		r_0 (Mittel)		r_m	
	W.	S.	W.	S.	W.	S.
Protozän	21—63	0—21	38	9	39	14
Mittel-Eozän	21—63	0—21	38	9	44	14
Unter-Oligozän	39—47	7—13	43	10	43	13
Unter-Pliozän......	27—30	7—13	28	10	27	6

Von den auf palaeogeographischer Grundlage berechneten relativen Regenmengen liegen jene für die Zeitstufen mit Bauxitbildung innerhalb der großen Wertstrecke, über die sich diese Mengen jetzt im mediterranen Roterdegebiete verteilen, die für den Winter nahe der Mitte jener Strecke, die für den Sommer näher gegen den Höchstwert. Von den morphogenen relativen Regenmengen für die Stufen mit Braunkohlenbildung stimmen jene des Winters ganz mit den aus den vorzeitlichen Vegetationsverhältnissen erschlossenen überein, jene des Sommers liegen knapp an der Grenze ihres palaeobiologischen Spielraumes, jene für das Oligozän an der oberen, jene für das Pliozän an der unteren Grenze.

Letztere Menge erscheint im Zusammenhalt mit dem niedrigen Winterwerte sehr gering. Doch zeigt Alicante bei 27·1 relativer Wintermenge auch nur 7·8% im Sommer (Valencia 27·2 und 8·6). Man trifft dort eine starke Entwicklung von Frühlings- und Frühherbstregen (Februar—Mai 34·7, September— Oktober 30·4) und eine solche läßt sich auch für das jüngere dalmatische Braunkohlenland vermuten. Für Alicante bedingt diese Verteilung, daß trotz des sehr trockenen Sommers 45% des Jahresniederschlages auf das Sommerhalbjahr entfallen. Ein ähnlicher Sachverhalt hätte im pliozänen Dalmatien wohl auch das Wachstum jener Pflanzen ermöglicht, deren Verwandte jetzt in Klimaten mit Sommerregen gedeihen. An der mauretanischen Küste entfällt dagegen nur mehr ein Fünftel der Jahresmenge auf das Sommerhalbjahr (Tanger 21, Oran 19, Alger 20%). Man möchte für das weit vom Meere abgerückte gebirgige jüngere Braunkohlenland — marines Pliozän reicht ostwärts nicht über Pelagosa hinaus — aber doch auch eine Neigung zu Mittsommerregen annehmen, wie andrerseits der Winter minder feucht war als im Palaeogen. Es ist die aus der Landverteilung im Pliozän erwachsene enge Scharung der Juliisobaren, aus der sich für dieses Land zu jener Zeit ein scharf ausgeprägtes Etesienklima ableitet.

Eine relative Regenmenge von 13 im Sommer, wie sie sich für das Oligozän ergibt, erscheint dagegen in Verbindung mit einer solchen von 43 im Winter ungewöhnlich hoch. In Lesina sind 12 Sommerprozente mit 37 Winterprozenten verknüpft, in Valona 42 von diesen mit 10 von jenen. Am Tafelberg und an mehreren Stationen Südaustraliens entfallen 11% der jährlichen Regenmenge auf den Sommer, 39 bis 43 auf den Winter (Clare 39, Adelaide 41, Cap Northumberland 43). Letzteres Verhältnis kommt dem für die Zeit des Wachstums der Proteaceen in Dalmatien berechneten am nächsten.

Es wurde hier versucht, bis jetzt nur bei der Erforschung palaeothermaler Zustände und bei Heranziehung von Pflanzen als Zeugen des Klimas der Vorwelt angewandte Methoden auch bei der Ergründung der vorzeitlichen Hydrometeorik und bei Aufrufung von Verwitterungsböden als Klimazeugen anzuwenden.

Sind diese Methoden auch mit großer Vorsicht zu gebrauchen und der Gefahr der Mißdeutung und des Mißbrauches ausgesetzt, so darf man doch von ihrer sinngemäßen Anwendung Fortschritte in der Erkenntnis erhoffen.

Würde bei der chemischen Auflösung des Kalkes, wie Kispatić sagt, schon ein Tonerdehydrat zurückbleiben, so wären die dalmatischen Bauxite nur mechanisch umgewandelte Roterden. Bleibt, wie die Meisten annehmen, bei der Kalkauflösung Ton zurück, so wäre bei der Frage, wie die Kieselsäure entfernt wurde, auch nach dem Klima zu fragen, unter welchem dies geschah.

Die Bildung des Laterits aus dem bei der Feldspatverwitterung entstehenden Ton erfolgt im Savannenklima unter (abzüglich der Regenzeit) starker Sonnenbestrahlung. Falls die für das Pliozän in Südeuropa gefundene positive Differenz zwischen Orthotemperatur und morphogener Palaeotemperatur auf ein günstigeres Solarklima weist, dem aber ein physisches Klima mit kaltem Winter entsprechen konnte, stünde vielleicht die verstärkte Sonnenstrahlung zur Austreibung der Kieselsäure in Beziehung.[1] Vielleicht fiel dieses günstigere Solarklima (das für andere Gebiete erst zu erweisen wäre) mit jenem zusammen, welches Spitaler[2] bei der Ableitung solarklimatischer Perioden höherer Ordnung aus den von R. W. Farland nach den Formeln von Le Verrier und Stockwell berechneten Störungen des Perihels und der Exzentrizität für die der Eiszeit vorausgegangene Zeit gefunden hat.

---

[1] Die protozänen und eozänen Roterden waren zur Pliozänzeit in Ausbissen schon bloßgelegt.

[2] R. Spitaler, Das Klima des Eiszeitalters. Prag, 1921, p. 102.

Das elektrolytische Leitvermögen verdünnter Lösungen unter dem Einflusse submerser Gewächse. I.

Von

Franz Ruttner

(Aus der Biologischen Station in Lunz)

(Mit 4 Textfiguren)

Ausgeführt mit Unterstützung der Akademie der Wissenschaften in Wien

(Vorgelegt in der Sitzung am 6. Mai 1921)

Vor einer Reihe von Jahren wurde im Rahmen der hydrographisch-biologischen Untersuchungen im Arbeitsgebiete der Biologischen Station Lunz eine große Anzahl von Messungen des elektrolytischen Leitvermögens natürlicher Wässer durchgeführt[1] und bot mir Gelegenheit, die außerordentlichen Vorteile dieser Methode, welche es gestattet, auch die geringsten Schwankungen im Salzgehalt des Wassers rasch und sicher nachzuweisen, schätzen zu lernen.

Die Einfachheit dieser Untersuchungen, die Möglichkeit, an einer und derselben Flüssigkeitsmenge, ohne deren chemischen Charakter zu verändern, beliebig viele Messungen hintereinander durchzuführen und schließlich die große Genauigkeit der erhaltenen Ergebnisse drängten den Gedanken geradezu auf, das Verfahren auch in den Dienst von Stoffwechseluntersuchungen an Pflanzen, insbesondere an submersen Wasserpflanzen, zu stellen.

Sind doch die Probleme der Aufnahme und Abgabe von Stoffen seitens der Wassergewächse schon in Anbetracht der großen Verdünnung der Nährlösung, in welcher diese Pflanzen unter natürlichen Verhältnissen leben, in ihren Einzelheiten schwer zu verfolgen. Denn einerseits sind die auftretenden Veränderungen der Konzentration vielfach zu klein, um auf dem Wege der chemischen Wasseranalyse mit Sicherheit erfaßt werden zu können, zumal wenn man nur kleine Wassermengen zur Verfügung hat, andrerseits schließt die Umständlichkeit und Langwierigkeit der chemischen Methoden in vielen Fällen die Ausführung einer größeren Anzahl von Beobachtungen innerhalb eines und desselben Versuches aus, so daß man auf diesem Wege meist nur zu Ausgangs- und Endwerten gelangt, welche die Einzelheiten im Verlaufe des zu beobachtenden Prozesses im Dunkeln lassen.

---

[1] F. Ruttner, Die elektrolytische Leitfähigkeit des Wassers der Lunzer Seen. Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. 1914. Hydrogr. Suppl. zu Bd. V.

Deshalb verdienen jene Verfahren, welche mit Umgehung der chemischen Analyse brauchbare Aufschlüsse über Stoffveränderungen in Nährlösungen zu geben vermögen, die Beachtung aller mit ähnlichen Problemen beschäftigten Biologen und daß die Bestimmung des elektrolytischen Leitvermögens verdünnter Lösungen (eine Messung, welche kaum umständlicher ist als jene der Temperatur) zu diesen anzuempfehlenden Methoden gehört, soll durch ihre Anwendung auf die Untersuchung gewisser Stoffwechselvorgänge bei submersen Wassergewächsen in der folgenden Arbeit dargelegt

Methodik.

Obwohl Leitfähigkeitsuntersuchungen von Lösungen nach dem Prinzip der **Wheatstone'schen Brücke** schon seit langem eines der wichtigsten Hilfsmittel der physikalischen Chemie bilden, so war es doch **Kohlrausch** vorbehalten, in seinem grundlegenden Buch über das Leitvermögen der Elektrolyte[1] auch auf die große praktische Bedeutung dieser Methode besonders für den analytischen Chemiker und für den Techniker hinzuweisen. Dieses ausgezeichnete und für jeden, der sich mit derartigen Messungen abgibt, ganz unentbehrliche Buch enthält alle nur wünschenswerten Angaben über die nötigen Apparate und deren Gebrauch, so daß ein näheres Eingehen darauf an dieser Stelle überflüssig erscheint.

Für die vorliegende Untersuchung gelangte ausschließlich die von **Pleissner**[2] speziell für Wasseruntersuchungen angegebene, mit Tauchelektrode und Walzenbrücke ausgestattete und in ein leicht transportables Kästchen sehr zweckmäßig eingebaute Zusammenstellung zur Verwendung, welche sich bei mehrjährigem Gebrauch in jeder Hinsicht ausgezeichnet bewährt hat.

Die diesen Messungen zugrundeliegende Einheit ist das Leitvermögen einer Flüssigkeitssäule von 1 *cm*^{2} Querschnitt und 1 *cm*

---

[1] **Kohlrausch** und **Holborn**, Das Leitvermögen der Elektrolyte. Leipzig 1898.

[2] **Pleissner**, Handlicher, tragbarer Apparat zur Messung des elektrolytischen Leitvermögens von Wässern, Abwässern und Salzlösungen an Ort und Stelle. Wasser und Abwasser, Bd. 2, 1910.

Höhe, welche den Widerstand von 1 Ohm besitzt und wird, da die Leitfähigkeit dem Widerstande umgekehrt proportional ist, als »reziprokes Ohm« bezeichnet. Der bei der Temperatur t gemessene Wert des Leitvermögens ($\varkappa_t$) wird mit Hilfe eines Temperaturkoeffizienten auf die Normaltemperatur von 18° umgerechnet ($\varkappa_{18}$). Die in reziproken Ohm ausgedrückte Leitfähigkeit so verdünnter Lösungen, wie sie für die vorliegende Untersuchung in Betracht kommen, ist eine sehr kleine Größe und es wurde deshalb, dem allgemeinen Gebrauch folgend, überall der 10.000fache Wert ($\varkappa_{18} . 10^4$) angegeben.

Bekanntlich leitet eine Lösung den elektrischen Strom um so besser, je konzentrierter sie ist. Da aber das Leitvermögen in erster Linie von der Menge der vorhandenen Ionen abhängt, so wächst $\varkappa_{18}$ bei höheren Konzentrationen nicht in gleichem Maße wie diese, sondern das Verhältnis der Leitfähigkeit zur Äquivalentkonzentration (η),[1] das Äquivalentleitvermögen $\left(\Lambda = \frac{\varkappa_{18}}{\eta}\right)$, nimmt mit steigender Konzentration wegen der damit verbundenen Abnahme der Dissoziation ständig ab. In sehr verdünnten, fast vollständig dissoziierten Lösungen jedoch bleibt das Äquivalentleitvermögen nahezu konstant. In diesen Fällen und somit auch in den meisten natürlichen Wässern des Binnenlandes ist das Leitvermögen direkt proportional dem Gehalt an gelösten Elektrolyten.

Untersucht man demnach die verdünnte, z. B. 0·001-normale Lösung irgendeines Elektrolyten, dessen Äquivalentleitvermögen bekannt ist, so kann man aus $\varkappa_{18}$ die Äquivalentkonzentration und somit auch die Gewichtsmenge des gelösten Stoffes einwandfrei bestimmen, beziehungsweise aus Veränderungen von $\varkappa_{18}$ die Größe der Abnahme oder Zunahme der Konzentration genau angeben.

Kohlrausch hat in seinem Buche für eine große Menge von Salzen, Säuren und Basen das Äquivalent-Leitvermögen angeführt, und zwar nicht nur für die äußersten Verdünnungen, sondern auch für konzentriertere Lösungen, und so die Feststellung der gelösten Gewichtsmengen bei Anwesenheit nur eines Elektrolyten außerordentlich bequem gemacht.

Bei Lösungen, die ein Gemisch zahlreicher Elektrolyte enthalten, wie z. B. die natürlichen Wässer, spiegeln die Veränderungen des Leitvermögens wohl die Schwankungen der Gesamtkonzentration genau wieder, können aber naturgemäß weder über den Anteil der einzelnen Komponenten noch auch über das Gewicht der Gesamtheit der gelösten Stoffe sicheren Aufschluß geben. Immerhin ist es nach einer von Kohlrausch vorgeschlagenen und auf das nicht sehr differierende Äquivalent-Leitvermögen der gewöhnlich im

---

[1] Die Äquivalentkonzentration η ist die Anzahl der Grammäquivalente in 1 cm^3 Lösung.

Wasser vorkommenden Salze gestützten Überschlagsrechnung möglich, durch eine einfache Bestimmung der elektrolytischen Leitfähigkeit eine Vorstellung von der Anzahl der in dem betreffenden Wasser gelösten Litermilligramme zu gewinnen.[1]

Die Empfindlichkeit der Methode sei durch folgendes Beispiel veranschaulicht: Nehmen wir eine 0·001-normale Lösung, etwa von Kochsalz, welche 59 *mg* im Liter enthält und deren $\varkappa_{18} . 10^4 = 1 \cdot 08$ ist. Die Bestimmung des Leitvermögens ist nun, auch von weniger Geübten, leicht mit einer Genauigkeit von $^1/_2\,\%_0$ durchzuführen, was in unserem Falle einer Fehlergrenze von 0·295 *mg* NaCl entspricht. Es lassen sich also mit unserer Methode Schwankungen von rund 0·3 *mg* Kochsalz im Liter oder, wenn man nur 100 cm^3 Lösung verwendet, wie es in den hier besprochenen Versuchen meist geschehen ist, 0·03 *mg* in 100 cm^3 mühelos und sicher nachweisen. Zu ähnlichen Werten gelangt man bei den anderen Elektrolyten.

Aus diesen Andeutungen gehen die großen Vorteile des Verfahrens klar hervor, eines Verfahrens, welches gerade dort wirkungsvoll einsetzt, wo die analytischen Methoden versagen, nämlich bei großen Verdünnungen. Und da die Süßwasserbiologie stets nur mit äußerst geringen Konzentrationen der für das organische Leben im Wasser bedeutungsvollen gelösten Stoffe zu tun hat, scheint es berufen zu sein, ganz besonders diesem Wissenszweige wichtige Dienste zu leisten.

Es braucht kaum bemerkt zu werden, daß in Anbetracht der großen Empfindlichkeit der Methode auf möglichst reine Chemikalien und auf sorgfältige Säuberung der verwendeten Gefäße streng geachtet werden muß und daß bei dem Einfluß, den die Temperatur auf das Leitvermögen ausübt, eine bis auf Zehntelgrade genaue Bestimmung dieses Faktors nötig ist.

Für die Mehrzahl der im folgenden geschilderten Versuche hat sich, wie schon erwähnt, die Verwendung von je 100 cm^3 Kulturflüssigkeit, welche in Erlenmeyerkölbchen mit 1 bis 3 Sprossen der zu beobachtenden Pflanzen beschickt wurde, am zweckmäßigsten bewährt. Die Versuche wurden teils im Glashause dem Tageslicht, teils in der Dunkelkammer dem Lichte von Metallfadenlampen ausgesetzt. Um die Temperatur während der Versuchsdauer auf annähernd gleicher Höhe zu erhalten und vor allem um eine übergroße Erwärmung im direkten Sonnenlichte zu vermeiden, wurden die Kölbchen in Wasserbädern oder unter überrieselten Glasglocken aufgestellt. Die Messung erfolgte in der Weise, daß die Lösung aus dem Kölbchen vorsichtig in einen kleinen Glaszylinder entleert und dort die Elektrode mit dem Thermometer eingetaucht wurde. Im Kulturgefäß selbst zu messen, erwies sich als unzweckmäßig, da bei dem zum Ausgleich der Temperaturdifferenzen notwendigen Rühren die Pflanzen leicht verletzt werden können. Bei aufeinanderfolgenden Messungen von Lösungen erheblich verschiedener Konzentration ist selbstverständlich ein Vorspülen der Elektrode und des Gefäßes mit einer Flüssigkeit von ähnlicher Zusammensetzung und Leitfähigkeit erforderlich.

---

[1] Vergl. auch Weldert R. und Karaffa-Korbutt K. v.: Über die Anwendbarkeit der Bestimmung des elektrischen Leitvermögens bei der Wasseruntersuchung. Mitt. d. kgl. Landesanstalt f. Wasserhygiene zu Berlin Dahlem, Bd. 18., Berlin 1914

Wie von vornherein zu erwarten war, zeigten gleich die ersten Versuche, daß in der Tat durch submerse Wasserpflanzen sehr bedeutende Veränderungen der Leitfähigkeit des Wassers und verdünnter Nährlösungen bewirkt werden.

Die Zahl der sich aufdrängenden Probleme ist nun viel zu groß, um den Gegenstand nur einer Arbeit zu bilden. Ich mußte mich daher zunächst nur auf die am meisten in die Augen springenden Vorgänge beschränken, welche auch im Stoffkreislauf der Gewässer die wichtigste Rolle spielen und bei allen ernährungsphysiologischen Untersuchungen stets mitberücksichtigt werden müssen, auf jene Vorgänge, welche mit dem Kohlensäurehaushalt der Wasserpflanzen im Zusammenhange stehen.

Ebenso erschien es nach dem Ausfall der ersten orientierenden Versuche, welche mit verschiedenen Arten submerser Gewächse ausgeführt wurden, als zweckmäßig, zunächst das Verhalten nur eines Objektes (*Elodea canadensis*) zu studieren und vergleichende Untersuchungen an einer größeren Anzahl verschiedener Spezies auf einen späteren Zeitpunkt zu verschieben.[1]

Natürliche Wässer und künstliche Lösungen von Bicarbonaten und Carbonaten unter dem Einfluß von Elodea.

Setzt man *Elodea* in Leitungswasser dem wechselnden Tageslicht aus und kontrolliert in kürzeren Intervallen (tagsüber wenigstens alle 2 bis 3 Stunden) durch mehrere Tage die Leitfähigkeit der Lösung, so gelangt man zu recht überraschenden Ergebnissen. In dem Diagramm (Fig. 1) ist das Ergebnis eines solchen Versuches graphisch dargestellt. Zwei etwa fingerlange, kräftige Sprosse von *Elodea*[2] befanden sich in einem, mit 100 cm^3 Wasser aus dem Lunzer See gefüllten Erlenmeyerkölbchen und waren im Glashaus der Biologischen Station unter einer durch Berieselung gekühlten Glasglocke aufgestellt. Sie wurden eine Woche hindurch, vom 26. September bis 2. Oktober 1919, beobachtet. Die gemessenen Leitfähigkeitswerte sind als Ordinaten des Diagramms, die Tage und Stunden mit entsprechenden Zeichen für die vorherrschende Bewölkung als Abszissen eingetragen.

---

[1] Meinem verehrten Lehrer Herrn Hofrat Prof. Dr. H. Molisch bin ich für die freundliche Überlassung wichtiger Literatur und für wertvolle Ratschläge zu herzlichem Dank verpflichtet.

[2] Es ist wesentlich, daß nur gesunde und womöglich frisch aus dem Freien geholte Pflanzen zur Verwendung gelangen. Mitunter reagiert ein sonst normal aussehender Sproß, besonders wenn er schon längere Zeit im Laboratorium kultiviert worden war, schlecht oder gar nicht.

Am ersten Versuchstage springt zunächst die außerordentlich rasche Abnahme von $\varkappa_{18} . 10^4$ (von 2·06 auf 1·16, also beinahe auf die Hälfte des ursprünglichen Wertes innerhalb 6 Vormittagsstunden) in die Augen. Mittags setzt ein leichter Anstieg ein, der um 3 Uhr sein Maximum erreicht, um dann bei abnehmender Lichtintensität neuerdings in einen sehr steilen Abfall überzugehen.

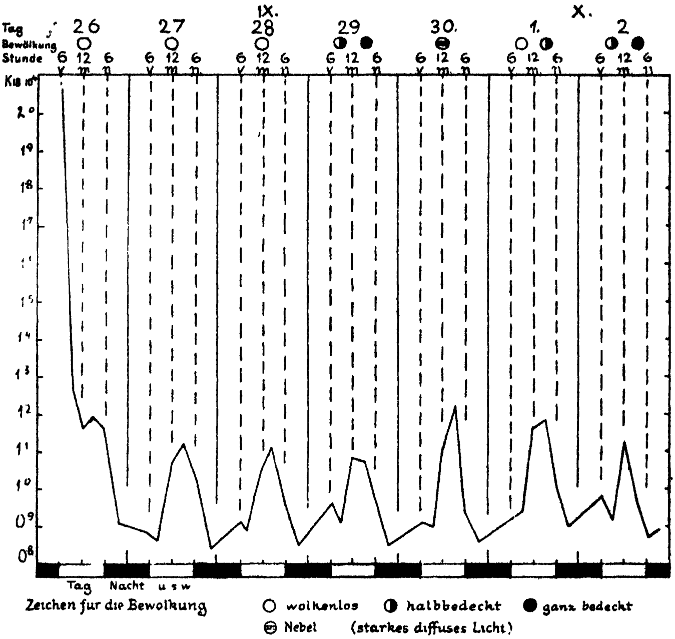


Fig. 1.

Der schon am Nachmittag des ersten Tages mit dem Anstieg der Leitfähigkeit angedeutete Vorgang findet nun an jedem der nächsten Tage eine bis in die Einzelheiten getreue Wiederholung. Während der Nacht nimmt das Leitvermögen mehr oder weniger zu, bei Sonnenaufgang findet wieder ein leichter Abfall statt, der aber bald einem sehr beträchtlichen, und zur Zeit der intensivsten Beleuchtung sein Maximum erreichenden, neuerlichen Anstieg Platz macht. Bei sinkender Sonne am Spätnachmittag nimmt die Leitfähigkeit wiederum rasch ab und erreicht ihr an allen Versuchstagen annähernd gleichbleibendes Minimum in den Abendstunden nach Eintritt völliger Dunkelheit.

Es werden also durch Belichtung und Verdunkelung äußerlich, wenn auch in verschiedenem Ausmaß, die gleichen Erscheinungen hervorgerufen, bald ein Steigen, bald ein Fallen des Leitvermögens und es ist deshalb zweifellos der in der Kurve sich widerspiegelnde Vorgang kein einheitlicher, sondern ein mindestens aus zwei entgegengesetzt wirkenden Komponenten zusammengesetzter.

Sehen wir uns zunächst um, welche von den bisher bekannt gewordenen Stoffwechselerscheinungen der Wasserpflanzen wir zur Deutung dieses so charakteristischen und durch wiederholte Versuche bestätigten Kurvenverlaufes heranziehen können.[1]

Die Erklärung der Abnahme der Leitfähigkeit und somit auch der Konzentration am Beginn des Versuches bereitet keine Schwierigkeiten. Wie in den meisten natürlichen Wässern, kommt auch im Wasser des Lunzer Sees unter den gelösten Elektrolyten dem Calciumbicarbonat bei weitem der größte Gewichtsanteil zu (vgl. die Analysen Mulley's und Wittmann's).[2]

Nun ist schon seit langem bekannt, daß die submersen Wasserpflanzen die Fähigkeit haben, nicht nur die freie, im Wasser gelöste CO_2, sondern auch die »halbgebundene« Kohlensäure der Bicarbonate für die Assimilation auszunützen und dadurch die Bicarbonate in Carbonate überzuführen. In vielen natürlichen Wässern, welche nur sehr geringe Mengen freier CO_2 enthalten, sind die Wassergewächse geradezu auf die Bicarbonatkohlensäure angewiesen.

Wird nun in einer Lösung von $Ca(HCO_3)_2$ die halbgebundene Kohlensäure assimiliert, so muß das entstandene, schwerlösliche $CaCO_3$ ausfallen und mit der Konzentration auch die Leitfähigkeit der Lösung sinken. Bemerkenswert an dem Vorgang in unserem Versuche ist nur die große Geschwindigkeit, mit der sich die Ausfällung des Kalkes vollzieht. Wird doch das Wasser unter dem Einfluß der Assimilationstätigkeit der *Elodea*-Sprosse innerhalb weniger Stunden nahezu vollständig entkalkt. Es wird sich später Gelegenheit finden, auf diesen Gegenstand noch einmal zurückzukommen.

---

[1] Einen ganz ähnlichen Verlauf der Leitfähigkeitskurve konnte ich bei gelegentlichen vergleichenden Untersuchungen auch bei *Myriophyllum verticillatum, Potamogeton praelongus* und *Ranunculus paucistamineus* feststellen. Immerhin zeigten sich, allerdings in unwesentlichen Details, spezifische Unterschiede, auf die aber hier nicht näher eingegangen werden soll.

[2] Mulley und Wittmann, Analysen des Wassers der Lunzer Seen. Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. und Hydrograph. 1914, Hydrogr. Suppl. zu Bd. V. — Es sei hier als Beispiel das Ergebnis einer der Analysen angeführt:

Lunzer Untersee, 1 *m* Tiefe, 8. Mai 1909. Litermilligramme.

Kationen		Anionen	
Kaliumion	0·66	Chlorion	—
Natriumion	1·86	Sulfation	3·24
Calciumion	37·46	Hydrocarbonation	141·84
Magnesiumion	4·77		
Aluminiumion	0·32		

Kieselsäure . . . . 2·86

Daß es tatsächlich die Spaltung des Bicarbonats ist, welche den besprochenen Abfall des Leitvermögens im Lichte bedingt, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man anstatt des noch andere Stoffe enthaltenden natürlichen Wassers eine künstliche Lösung von $Ca(HCO_3)_2$ in destilliertem Wasser verwendet. Auch hier tritt die Erscheinung in ganz analoger Weise ein, das Bicarbonat verschwindet, wie später besprochene Versuche noch zeigen werden, vollständig aus der Lösung.

Ebenso wie der erste Abfall des Leitvermögens im Licht, ist auch sein sich täglich wiederholender Anstieg während der Nacht ohne weiteres zu verstehen. Denn sobald nach Eintritt der Dunkelheit die Assimilationstätigkeit aufhört, diffundiert die bei der Atmung gebildete CO_2 aus der Pflanze heraus und ein Teil des tagsüber niedergeschlagenen Kalkes wird wieder aufgelöst. Diese während der Nacht entstandene Bicarbonatkohlensäure muß bei Anbruch des Tages wieder assimiliert werden und so findet das kleine Morgenmaximum der Leitfähigkeitskurve und der darauf folgende leichte Abfall eine zwanglose Erklärung.

Durch künstliche Verdunkelung kann man den in unserer Kurve nur angedeuteten Nachtanstieg sehr vergrößern. So wuchs das Leitvermögen in einem verdunkelten Versuch innerhalb 36 Stunden von 0·93 auf 1·56 und fiel nach neuerlicher Belichtung wiederum auf 1·04 ab.

Viel schwieriger ist es, eine Deutung für den so auffallenden mittleren Teil der sich regelmäßig wiederholenden Tageskurve, für das große Maximum im intensiven Licht und den bei abnehmender Lichtstärke darauf folgenden raschen Abfall zu finden, Erscheinungen, welche den bis jetzt erörterten Wirkungen der Spaltung und Neubildung von Bicarbonat anscheinend geradezu entgegengesetzt verlaufen.

Vor der eingehenderen Erörterung dieses Gegenstandes sei auf Fig. 2 hingewiesen, welche die Abhängigkeit des Verlaufes der Leitfähigkeitskurve von der Lichtqualität veranschaulichen soll. Die Ausführung dieses Versuches war im wesentlichen dieselbe wie jene des zuerst geschilderten. Als Kulturflüssigkeit wurde das Wasser des Lunzer Seebaches verwendet, welcher einen höheren Bicarbonatgehalt und somit auch eine höhere Leitfähigkeit besitzt als der See. Die vier Kölbchen wurden wieder im Glashause aufgestellt, und zwar (*a*, *b*, *c*) unter doppelwandigen (Sennebiere'schen) Glasglocken, von denen *a* mit gewöhnlichem Wasser (weißes Licht), *b* mit konzentriertem Kaliumbichromat (langwellige Hälfte des Spektrums), *c* mit Kupferoxyd-Ammoniaklösung (kurzwellige Hälfte des Spektrums) gefüllt waren. Der Versuch *d* war verdunkelt und befand sich ebenfalls unter einer Glasglocke. Alle Glocken wurden durch Berieselung gekühlt.

Die Leitfähigkeitskurven der Versuche im »roten« und im weißen Lichte stimmen in hohem Grade überein und unterscheiden sich nur unwesentlich von der in Fig. 1 wiedergegebenen. Die einzige bedeutendere Differenz jener gegenüber besteht darin, daß die Ausfällung des Kalkes in *a* sowohl wie in *b* wegen der weniger guten Beleuchtung während der ersten Versuchstage längere Zeit in Anspruch nahm und der Anstieg im Licht erst am dritten Tage auftrat.

Jedenfalls wirken *Elodea*-Sprosse im »roten« Lichte in gleicher Weise und kaum weniger intensiv auf die Leitfähigkeit des Wassers ein, als wie im unfiltrierten weißen Licht, eine Tatsache, die noch durch weitere, verschieden variierte Versuche bestätigt werden konnte.

Viel schwächere Reaktionen zeigten die *Elodea*-Sprosse im »blauen« Lichte. Hier fand eine merkliche Abnahme der Leitfähigkeit und somit auch der Bicarbonatkonzentration nur bei hellem Sonnenlichte und auch da nur allmählich statt. Von einem Anstieg des Leitvermögens im Lichte war auch dort keine Rede, wo die Pflanzen (in anderen Versuchen) erst nach erfolgter Spaltung des Bicarbonats unter die blaue Glocke gebracht wurden. Hier zeigte sich nur der Anstieg bei Nacht und ein darauf folgender Abfall im Sonnenlicht, die Kurve ist daher zu jener im »roten« und im weißen Lichte geradezu gegenläufig.

Im Dunkelversuch endlich blieb die Leitfähigkeit nach einem anfänglichen Anstieg annähernd konstant, offenbar weil bei der von vornherein hohen Bicarbonatkonzentration und der durch die Atmung bedingten CO_2-Spannung eine weitere Auflösung des der Pflanze anhaftenden Kalkes nicht erfolgen konnte.

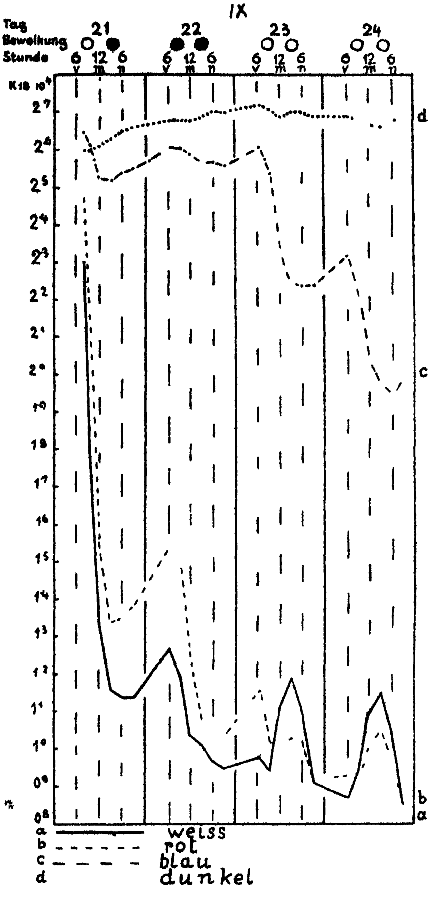


Fig. 2.

Bekanntlich liegt nun auch das Maximum der CO_2-Assimilation bei den grünen Pflanzen in der langwelligen Hälfte des Spektrums (ein zweites, in die kurzwelligen Strahlenbezirke fallendes Maximum ist von untergeordneter Bedeutung). Es zeigen somit die geschilderten Veränderungen der Leitfähigkeit unter verschiedenen Lichtqualitäten eine volle Übereinstimmung mit den diesbezüglich für die Assimilation ermittelten Gesetzen und legen die Vermutung nahe, daß nicht nur der steile Abfall der Kurve am Beginn der Versuche, sondern auch die später folgenden Mittagsmaxima zu diesem wichtigsten Vorgang des Pflanzenlebens in irgendeiner Beziehung stehen, wenn sie auch den durch die Bicarbonatspaltung bedingten Schwankungen entgegengesetzt verlaufen.

Es ist naheliegend, bei dieser merkwürdigen Erscheinung zunächst daran zu denken, daß die Erhöhung des Leitvermögens im intensiven Licht vielleicht durch den Austritt irgendeines Elektrolyten aus der Pflanze bedingt werde. Diese Annahme scheint auch im Einklang mit einer anderen schon bekannten Tatsache zu stehen, welche zuerst von Klebs beobachtet, von Hassack bestätigt und in letzterer Zeit von Molisch sowie auch später von Perušek für eine große Anzahl von Wasserpflanzen nachgewiesen wurde.[1] Bringt man nämlich Sprosse einer submersen Wasserpflanze in Leitungswasser, fügt einige Tropfen einer alkoholischen Phenolphtaleinlösung hinzu und setzt das Ganze dem direkten Sonnenlichte aus, so färbt sich das Wasser bald mehr oder weniger intensiv rot, ein Beweis für das Eintreten alkalischer Reaktion.

Wohl muß schon die Entfernung der freien Kohlensäure aus einer Bicarbonatlösung, wie sie während des Assimilationsvorganges erfolgt, zu einer Veränderung der Reaktion führen.[2] Denn in jeder längere Zeit sich selbst überlassenen Bicarbonatlösung stehen Carbonat, Bicarbonat und freie Kohlensäure im chemischen Gleichgewicht und dieses System reagiert gegen Phenolphtalein neutral. Wird die Kohlensäure auf irgendeine Weise entfernt, so setzt die Abspaltung einer gleichen Menge aus dem Bicarbonat ein, und solange der Ausgleich nicht vollständig ist, muß, da ja die saure Komponente, die in $H^{\cdot}$- und HCO_3'-Ionen dissoziierte Kohlensäure, entfernt ist, eine Verschiebung der Reaktion eintreten, die Lösung wird, infolge der nun zur Geltung kommenden Hydrolyse des Carbonats und Bicarbonats, alkalisch. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man aus einer Lösung von Calciumbicarbonat, der etwas Phenolphtalein zugesetzt wurde, durch Einleiten CO_2-freier Luft die Kohlensäure entführt. Es tritt alsbald eine schwache Rotfärbung der Flüssigkeit ein. Doch wird die Rotfärbung nie annähernd so intensiv, wie unter dem Einfluß der Pflanze und man muß deshalb annehmen, daß bei dem Zustandekommen dieser alkalischen Reaktion noch andere Umstände mitspielen.

---

[1] Klebs, Über die Organisation der Gallerte bei einigen Algen und Flagellaten. Untersuch. a. d. bot. Institut zu Tübingen, II. Bd., 1886. — Hassack, Über das Verhältnis von Pflanzen zu Bicarbonaten und über Kalkincrustation; ebenda, 1887. — Molisch, Über die Fällung des Eisens durch das Licht und grüne Wasserpflanzen. Diese Sitzungsber., 119. Bd., Abt. I, 1910. — Perušek, Über Manganspeicherung in den Membranen von Wasserpflanzen; ebenda, 128. Bd., 1. H., 1919.

[2] Vgl. auch Nathansohn, Über die Bedingungen der Kohlensäureassimilation in natürlichen Wässern, insbesondere im Meere. Ber. der mathem.-phys. Klasse der kgl. sächs. Ges. der Wiss. Leipzig, LIX. Bd., 1907. — Ferner auch: Stoffwechsel der Pflanzen. Leipzig 1910.

Aus der Beobachtung, daß die Rotfärbung nicht nur im Leitungswasser, sondern auch im Regenwasser entstand (bei *Elodea* und *Ceratophyllum*), daß ferner bei *Chara* auch in Lösungen von Calciumnitrat, Calciumsulfat, Calciumacetat und Calciumchlorid eine Abscheidung von kohlensaurem Kalk eintrat und schließlich aus der Entfärbung eines auf der Oberfläche von Wasserpflanzen erzeugten Niederschlages von Berlinerblau hat nun Hassack den von Pfeffer[1] übernommenen Schluß gezogen, daß submerse Wasserpflanzen im Licht Alkali, und zwar vermutlich kohlensaures Alkali ausscheiden.

Versucht man nun, diese Annahme einer Erklärung des Anstieges der Leitfähigkeit im intensiven Licht zugrundezulegen, so stößt man schon bei näherer Betrachtung des Kurvenverlaufes auf Schwierigkeiten. Wollte man sich schon mit dem steilen und eine außerordentlich rasche Abgabe des fraglichen Stoffes voraussetzenden Anstieg bei zunehmender Lichtintensität abfinden, so bliebe der ebenso rasche Abfall bei eintretender Dunkelheit ein Rätsel, man müßte denn annehmen, daß die Substanz, ebenso rasch wie sie abgegeben wurde, von der Pflanze wieder aufgenommen wird. Sieht man von dieser unwahrscheinlichen Voraussetzung ab, so müßten die Diagramme einen stufenweisen Anstieg des Leitvermögens erkennen lassen, die Minima der aufeinanderfolgenden Versuchstage müßten immer höher zu liegen kommen. Doch nichts davon ist der Fall, im Gegenteil, die Minima liegen in den meisten Versuchen von Tag zu Tag tiefer (vgl. z. B. Fig. 2).

Immerhin mußte der soeben besprochenen Alkalibildung im Lichte und deren Zusammenhang mit den Schwankungen des Leitvermögens im weiteren Verlaufe der Untersuchungen die größte Aufmerksamkeit gewidmet werden. Da nun weder das Leitvermögen der Lösung noch auch die Lebensfähigkeit der *Elodea* durch einen geringen Zusatz alkoholischer Phenolphtaleinlösung merklich beeinflußt werden, wurden den Versuchslösungen in vielen Fällen von vornherein 2 Tröpfchen des Indikators aus einer kapillar ausgezogenen Pipette zugefügt und so ein bequemes Beobachten des Auftretens der Reaktion ermöglicht.

Für die exakte Prüfung der hier interessierenden Fragen war es vor allem nötig, Versuchspflanzen zu verwenden, welche von dem ihnen anhaftenden Kalkniederschlag befreit worden waren. Denn da sich von $CaCO_3$ auch in kohlensäurefreiem Wasser bei Zimmertemperatur 13 *mg* im Liter lösen und diese Lösung gegen Phenolphtalein alkalisch reagiert, so muß bei Verwendung nicht gereinigter Pflanzen eine Beeinflussung sowohl des Leitvermögens wie auch der Reaktion eintreten. Es gelang auch (wenn auch nicht so rasch, wie Hassack es angibt, aber immerhin in etwa 24 Stunden bei nicht sehr stark inkrustierten Pflanzen) die *Elodea*-Sprosse durch Einleiten eines kräftigen CO_2-Stromes bei wiederholtem Wassserwechsel gänzlich von Kalk zu befreien.[1]

---

[1] Pflanzenphysiologie, I, p. 115.

Um die Temperatur und Lichtintensität leichter konstant halten zu können, wurde der größte Teil der den folgenden Ausführungen zugrundeliegenden Versuche in der Dunkelkammer vor einer 100-kerzigen Metallfadenlampe ausgeführt. Die Kölbchen waren in etwa 20 *cm* Entfernung auf einer weißen Unterlage im Kreise um die Lampe aufgestellt, mitunter befand sich hinter den Kölbchen noch ein Schirm aus weißem Karton zur Verstärkung der Lichtintensität. Wo es wünschenswert erschien, die Wirkung der Wärmestrahlung der Lampe herabzusetzen, wurden die Versuche in ein Wasserbad (große weiße Porzellanschale) eingestellt.

Versuche in destilliertem Wasser und in künstlichen Elektrolytlösungen.

Findet im Lichte die Ausscheidung eines Elektrolyten statt, so müßte sie im destillierten Wasser am deutlichsten zum Ausdruck kommen, da hier eine Kompensierung der Erscheinung durch die etwaige Aufnahme irgendwelcher gelöster Stoffe ausgeschlossen ist. Es wurde deshalb je ein sorgfältig von Kalk befreiter, etwa fingerlanger Sproß von *Elodea* in 100 cm^3 destilliertes Wasser gebracht und zwei der so adjustierten Kölbchen vor der Lampe, zwei im Dunkeln aufgestellt. Außerdem wurden, um einerseits den Einfluß der Anwesenheit von $CaCO_3$ zu prüfen, andrerseits zur Kontrolle der Assimilationsfähigkeit und Lebensfrische der verwendeten, von Kalk befreiten Sprosse noch folgende Parallelversuche eingeleitet. 4 Kölbchen mit destilliertem Wasser + einer Aufschwemmung von gefälltem $CaCO_3$ bis zur deutlichen Trübung der Flüssigkeit (je zwei im Licht und im Dunkeln); 4 Kölbchen mit destilliertem Wasser + 10 cm^3 einer konzentrierten $Ca(HCO_3)_2$-Lösung (je zwei im Licht und im Dunkeln).[2] Jedem Kölbchen waren 2 Tröpfchen Phenolphtaleinlösung zugesetzt worden.

Tabelle I enthält die gemessenen Leitfähigkeitswerte und den durch Zeichen veranschaulichten Ausfall der Phenolphtaleinreaktion (— farblos, + beginnende Rötung, ++ rosa, +++ rot).

---

[1] Die Kontrolle, ob die Reinigung wirklich vollständig gelungen ist, wird am einfachsten durch Leitfähigkeitsmessungen bewerkstelligt. Sobald nach längerem Durchleiten von CO_2 das Leitvermögen nicht mehr steigt, muß aller Kalk in Lösung gegangen sein. Ein allzulanger Aufenthalt in Wasser, das mit CO_2 gesättigt ist, wirkt auf *Elodea* schädlich. Es ist deshalb zweckmäßig, das Waschen nicht länger als unbedingt nötig auszudehnen.

[2] Die konzentrierte Calciumbicarbonatlösung wurde durch längeres Einleiten von CO_2 in eine Aufschwemmung von gefälltem kohlensaurem Kalk gewonnen.

Tabelle 1.

Temperatur der Lichtversuche 22 bis 24°, der Dunkelversuche 18 bis 19°.

Je ein kalkfreier *Elodea*-Sproß.

Dunkelkammer, Lampenlicht	1. Destilliertes Wasser				2. Destilliertes Wasser + $CaCO_3$-Aufschwemmung				3. Destilliertes Wasser + $Ca(HCO_3)_2$-Lösung			
	licht		dunkel		licht		dunkel		licht		dunkel	
Datum	$\varkappa_{18}\cdot 10^4$	Phenolphtaleinreaktion	$\varkappa_{18}\cdot 10^4$	Phenolphtaleinreaktion	$\varkappa_{18}\cdot 10^4$	Phenolphtaleinreaktion	$\varkappa_{18}\cdot 10^4$	Phenolphtaleinreaktion	$\varkappa_{18}\cdot 10^4$	Phenolphtaleinreaktion	$\varkappa_{18}\cdot 10^4$	Phenolphtaleinreaktion
22. August 1920	0·03		0·04	—	0·39		0·39		1·40	—	1·40	—
23. » 1920	0·02		0·05		0·41	+++	0·76	—	1·22	++	1·42	—
24. » 1920	0·02	—	0·05	—	0·35	+++	1·06	—	0·63	+++	1·41	—
25. » 1920	0·02		0·05	—	0·33	+++	1·34		0·39	+++	1·42	—
26. » 1920	0·03		0·05	—	0·33	+++	1·47	—	0·32	+++	1·41	—

Auf die Wiedergabe der bis auf unwesentliche Einzelheiten vollständig übereinstimmenden Kontrollversuche wurde der Übersichtlichkeit halber verzichtet.

Aus diesem mehrfach wiederholten Versuche geht somit klar hervor, daß im destillierten Wasser bei Verwendung kalkfreier Sprosse sowohl im Lichte wie im Dunkeln jede Alkalibildung unterbleibt und daß keine Erhöhung des Leitvermögens eintritt.[1] Es fand im Gegenteil an den ersten Versuchstagen eine geringe, wohl auf den Verbrauch der im Wasser absorbiert gewesenen CO_2 zurückzuführende Abnahme statt. Versuche mit Regenwasser, in analoger Weise durchgeführt, hatten dasselbe Ergebnis.

Es treten somit aus gesunden *Elodea*-Sprossen nicht einmal Spuren von Elektrolyten aus, ein im ersten Augenblick überraschender Befund, wenn man bedenkt, daß sich die Pflanzen im destillierten Wasser nicht unter natürlichen Bedingungen befinden und die große osmotische Differenz die Abgabe von Stoffen eher fordern mußte. Man könnte vielleicht einwenden, daß die von Hassack angenommene Alkaliabscheidung nur bei lebhafter Assimilationstätigkeit festzustellen ist. Deshalb wurde in das Kontrollkölbchen nach dreitägiger Versuchsdauer Kohlensäure bis zur Sättigung eingeleitet. Es trat sofort eine lebhafte Abscheidung von Sauerstoffblasen aus der Schnittfläche des Sprosses auf, ein Beweis, daß die Assimilationsfähigkeit in keiner Weise gestört war. Die durch das Einleiten von CO_2 auf $0{\cdot}33$ gestiegene Leitfähigkeit sank innerhalb 24 Stunden wieder auf $0{\cdot}06$, ohne daß am Abschluß des Versuches die geringste Rotfärbung der Flüssigkeit eingetreten wäre.

Der Lichtversuch der Reihe 2 dagegen, wo kohlensaurer Kalk hinzugefügt und so gewissermaßen der von der Pflanze entfernte Kalkniederschlag wieder ersetzt worden war, zeigt bald das Auftreten der Phenolphtaleinreaktion in voller Intensität. Die Leitfähigkeit stellte sich gegen Schluß des Versuches auf einen Wert ein, der nur wenig höher ist als jener der konzentrierten $CaCO_3$-Lösung, deren $K_{18}.10^4 = 0{\cdot}29$ ist.[2] Im Dunkelversuch steigt das Leitvermögen sehr rasch an, infolge der Auflösung des Kalkes durch die Atmungskohlensäure.

In der Bicarbonatlösung (Reihe 3) kommt im Licht die rasche Assimilation der Bicarbonatkohlensäure deutlich zum Ausdruck.[3]

---

[1] Gesunde, nicht mit absterbenden Teilen behaftete Sprosse vorausgesetzt!

[2] Daß $CaCO_3$-Aufschwemmungen unter dem Einfluß von *Elodea* häufig höhere Leitfähigkeitswerte annehmen, wird später noch erörtert und durch Beispiele belegt werden.

[3] Bemerkenswert ist, daß der Abfall am ersten Tage nur gering war und erst am zweiten Tage sein Maximum erreichte, eine Beobachtung, welche ich bei künstlich hergestellten Bicarbonatlösungen häufig machen konnte und die darauf zurückzuführen sein dürfte, daß sich die Pflanze an die künstliche Nährlösung nur allmählich anpaßt.

Der Abfall geht im vorliegenden Versuch und auch sonst häufig bis zur Leitfähigkeit der konzentrierten $CaCO_3$-Lösung herunter, es wird also das Bicarbonat durch die Tätigkeit der Pflanze restlos gespalten.

Die Anwesenheit von kohlensaurem Kalk bedingt auch hier, wie in der Reihe 2, das Auftreten der alkalischen Reaktion. Im Dunkelversuch bleibt aus denselben Gründen wie im destillierten Wasser die Leitfähigkeit unverändert.

Das gleiche Ergebnis zeitigten Versuche, bei denen anstatt des destillierten Wassers sehr verdünnte Lösungen unschädlicher Neutralsalze zur Anwendung kamen. Es wurden 0·001-normale Verdünnungen von $CaNO_3$, $CaSO_4$, $CaCl_2$, KNO_3, KCl geprüft. Auch hier trat in den reinen Salzlösungen keine Rotfärbung mit Phenolphtalein auf, wohl aber bei Zusatz von Calciumcarbonat, beziehungsweise Bicarbonat.

Es erscheint somit das Auftreten der alkalischen Reaktion in den Kulturflüssigkeiten an das Vorhandensein von $CaCO_3$ gebunden.

Dieser Befund steht scheinbar im Widerspruch mit den Beobachtungen Hassack's. Die Phenolphtalein-Reaktion in seinen Versuchen mit *Elodea* und *Ceratophyllum* ist wohl mit Sicherheit auf den diesen Pflanzen anhaftenden Kalkniederschlag zurückzuführen. Sie tritt auch im destillierten Wasser stets ein, wenn man nicht gereinigte Sprosse verwendet, und Hassack gibt nicht an, die Versuchspflanzen in diesem Falle von Kalk befreit zu haben.

Anders steht es mit jenen Experimenten, wo *Chara*, von ihrer Kalkinkrustierung befreit, in 0·1 $^0/_0$ (also ziemlich konzentrierten) Lösungen verschiedener Kalksalze (vgl. oben) die Bildung eines neuen Niederschlages von $CaCO_3$ erkennen ließ, dessen Entstehung Hassack auf die in Frage stehende Alkaliabscheidung zurückführt. Ich habe *Chara* nicht untersucht und kann daher zu diesen Befunden nicht Stellung nehmen. Immerhin scheint mir die im folgenden mitgeteilte Beobachtung eine Brücke zu Hassack's Versuchsergebnissen zu bilden.

Nimmt man nämlich zu den oben besprochenen Versuchen nicht 0·001-normale, sondern konzentriertere, etwa 0·01-normale Elektrolytlösungen, so tritt bei den verwendeten Calciumsalzen eine merkwürdige Erscheinung auf. Schon etwa eine Stunde nach Einstellung des Versuches entsteht zuerst in den Blattwinkeln, dann aber auf der ganzen Oberseite der Blätter ein scharf umgrenztes rotes Wölkchen,[1] welches bei ruhigem Stehen tagelang unverändert bleibt, beim Schütteln aber völlig verschwindet, ohne eine allgemeine

---

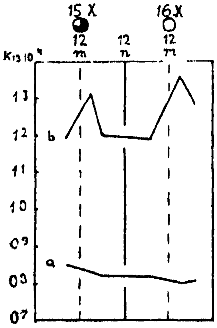
[1] Bemerkenswert ist, daß die beschriebenen roten Wölkchen nur auf der Oberseite der Blätter auftreten, ganz unabhängig von der Stellung, welche der Sproß zum Licht einnimmt. Es scheint also bei dem nur zweischichtigen Blatt von *Elodea* eine physiologische Differenzierung zwischen Ober- und Unterseite zu bestehen. Es

Rötung der Flüssigkeit zu hinterlassen. Erst nach langem Stehen, inbesondere von Versuchen, welche dem Wechsel von Tag und Nacht ausgesetzt waren, konnte eine nicht sehr intensive diffuse Rotfärbung festgestellt werden. In Lösungen von KNO_3 und KCl tritt keine Spur dieser Erscheinung auf.

Es vermag also *Elodea* in Lösungen von Kalksalzen auch bei Ausschluß von $CaCO_3$ eine allerdings geringfügige und lokal begrenzte alkalische Reaktion hervorzurufen. Auf die Deutung dieser Erscheinung werden wir später noch zurückzukommen haben.

Es muß nun die Frage aufgeworfen werden, ob ein Zusammenhang besteht zwischen dem Auftreten der alkalischen Reaktion und den hier behandelten täglichen Schwankungen der Leitfähigkeit, beziehungsweise ob die letzteren unter denselben Bedingungen auftreten, wie die erstere.

Durch zahlreiche Versuche konnte diese Frage in bejahendem Sinne beantwortet werden. Es zeigte sich, daß auch der Anstieg des Leitvermögens im Licht und der darauf folgende Abfall bei Verdunkelung durch die Anwesenheit von $CaCO_3$ bedingt ist, gleichgültig, ob im übrigen destilliertes Wasser oder verdünnte Lösungen neutraler Elektrolyte angewendet wurden.



a: 0·0008 norm $Ca(NO_3)_2$
b: 0·0008 norm. $Ca(NO_3)_2$ + $CaCO_3$ Aufschwemmung

Fig. 3.

Als Beispiel sei der in Fig. 3 graphisch wiedergegebene Versuch angeführt, welcher im Glashause in der früher beschriebenen Weise aufgestellt war. Als Kulturflüssigkeit wurde einerseits eine sehr verdünnte, zirka 0·0008-normale Lösung von Calciumnitrat, andrerseits dieselbe Lösung mit einem Zusatz von $CaCO_3$-Aufschwemmung verwendet.

Das Ergebnis ist eindeutig: Die reine $Ca(NO_3)_2$-Lösung zeigt keine Leitfähigkeitsschwankungen, der Zusatz von $CaCO_3$ jedoch läßt diese sehr deutlich hervortreten.

Wenn wir somit beim Rückblick auf die bisher mitgeteilten Versuchsergebnisse sehen, daß aus gesunden *Elodea*-Sprossen irgendwelche Elektrolyte nicht austreten, daß ferner sowohl der Anstieg der Leitfähigkeit im Licht als auch das Auftreten der alkalischen Reaktion in der Kulturflüssigkeit nur dann stattfindet, wenn Carbonate, in unserem Falle Calciumcarbonat, anwesend sind, so liegt der Gedanke nahe, die Ursache dieser Erscheinungen in Veränderungen zu suchen, welche

---

sei im Zusammenhang damit darauf hingewiesen, daß auch die Kalkablagerung vornehmlich auf der Blattoberseite erfolgt, ebenso wie auch die von **Molisch** beobachtete Ausfällung von Manganoxyd. (Über lokale Membranfärbung durch Manganverbindungen bei einigen Wasserpflanzen. Diese Sitzungsber., 118. Bd., Abt. I, 1909, p. 1.)

durch den Kohlensäurehaushalt der Pflanze, insbesondere durch den bei der Assimilation stattfindenden Entzug von CO_2 in der Lösung hervorgerufen werden.

Diese Annahme wurde zunächst noch durch folgende Beobachtung gestützt: Entfernt man aus einer auf der Höhe des Lichtmaximums der Leitfähigkeit stehenden Lösung die Pflanze und läßt die Flüssigkeit offen an der Luft stehen, so tritt, wenn auch langsamer, derselbe Abfall des Leitvermögens ein, wie er bei Verdunkelung der Versuche beobachtet wurde. Dasselbe geschieht, wenn man eine solche Lösung nur 2 Minuten kräftig mit Luft schüttelt, oder noch rascher, wenn man CO_2 einleitet. Ja es genügt, das Gas 5 bis 10 Sekunden lang gegen die unberührte Oberfläche der Lösung ausströmen zu lassen, um beim Umrühren einen vollständigen Abfall des Leitvermögens herbeizuführen. Auch Einblasen von Atemluft wirkt naturgemäß in derselben Weise.

Es erscheint somit erwiesen, daß es die Wirkung der bei der Pflanzenatmung freiwerdenden Kohlensäure ist, welche in unserem Ausgangsversuch die Abnahme des Leitvermögens bei Verdunkelung bewirkte und es bewährte sich das künstliche Einleiten dieses Gases (am einfachsten wohl durch Einblasen von Atemluft) als sehr bequemes Mittel, diese Erscheinung jederzeit nach Belieben hervorzurufen und bei Versuchen mit künstlichem Licht die umständliche und, wegen des leichten Verpassens des richtigen Zeitpunktes für die Beobachtung, auch wenig verläßliche Methode der Verdunkelung zu umgehen.

Der Vorgang bei den weiter unten besprochenen Versuchen war nun folgender: Nachdem die Lösung aus dem Versuchskölbchen in das zur Messung bestimmte zylindrische Gefäß vorsichtig abgefüllt und die erste Bestimmung des Leitvermögens vollendet war, wurde aus einer Glaskapillare mit Unterbrechungen Atemluft eingeblasen und der Widerstand fortlaufend kontrolliert. Die sofort eintretende Abnahme der Leitfähigkeit kommt an einem bestimmten Punkte zum Stillstand und sobald dieses Minimum erreicht war, wurde die neuerliche Ablesung vorgenommen. Die Differenz der beiden Bestimmungen ergibt dann die Größe des Abfalles, wie er auch durch Verdunkelung hervorgerufen worden wäre. Bei noch weiterem Einblasen von Luft steigt die Leitfähigkeit allmählich wieder an, infolge der Dissoziation der nun in Lösung befindlichen freien CO_2. Gleichzeitig mit der Abnahme des Leitvermögens blaßt die durch Phenolphtalein hervorgerufene Rotfärbung allmählich ab und das Minimum von $\varkappa_{18}$ fällt ungefähr mit der völligen Entfärbung zusammen.

Die sehr zahlreichen, auf diesem Wege gewonnenen Beobachtungen bestätigten zunächst die früheren Ergebnisse. In destilliertem Wasser oder in verdünnten Lösungen von Neutralsalzen konnte, wie die Tabellen 2 und 3 erkennen lassen, weder ein Abfall des Leitvermögens hervorgerufen werden noch trat alkalische

Reaktion ein. Beide Erscheinungen zeigten sich nur in jenen Versuchen, denen $CaCO_3$ in irgendeiner Form zugesetzt war.

Tabelle 2.

Dunkelkammer, Lampenlicht März 1921 Tag und Stunde	Destilliertes Wasser 2 Sprosse *Elodea*, $CaCO_3$-frei		
	$\varkappa_{18} \cdot 10^4$	nach Einleiten von CO_2	Phenolphtal.-Reaktion
3., 11^h vormittags	0·022	0·028	
6^h nachmittags	0·024	0·040	—
5., 11^h vormittags	0·057	0·066	—

Tabelle 3.

Dunkelkammer, Lampenlicht 1921 Monat, Tag und Stunde	$Ca(NO_3)_2$ zirka 0·00045-normal 3 Sprosse *Elodea*, $CaCO_3$-frei		
	$\varkappa_{18} \cdot 10^4$	nach Einleiten von CO_2	Phenolphtal.-Reaktion
27. Februar, 2^h nachmittags	0·487	0·489	
28. « 10^h vormittags......	0·439	0·439	-
1. März, 2^h nachmittags	0·363	0·372	—
2. » 11^h vormittags......	0·336	0·348	

Um die Frage zu entscheiden, ob die erörterten Leitfähigkeitsschwankungen von der Anwesenheit von festem $CaCO_3$ abhängen oder ob sie auch in der Lösung allein auftreten, wurden in dem in Tabelle 4 wiedergegebenen Versuch je zwei von Kalk vollständig befreite *Elodea*-Sprosse einerseits in einer klar filtrierten Lösung,[1] andrerseits in einer deutlich getrübten Aufschwemmung von $CaCO_3$ in der Dunkelkammer dem Lampenlicht ausgesetzt.

Es zeigt sich, daß auch in der Lösung die Leitfähigkeitsabnahme hervorgerufen werden kann, wenn auch in geringerem Umfange als in der Aufschwemmung. Auf die allmähliche Abnahme von $\varkappa_{18}$ in der Lösung im Verlaufe des Versuches werde ich später noch zurückkommen.

---

[1] Daß die Lösung am Beginn des Versuches einen etwas höheren Leitfähigkeitswert hat als er der konzentrierten Lösung von rechtswegen zukommen soll (vgl. p. 84), dürfte darauf zurückzuführen sein, daß infolge der im destillierten Wasser stets absorbierten CO_2, dessen Lösungsfähigkeit größer war. Für unseren Versuch ist dies jedoch belanglos.

Tabelle 4.

Dunkelkammer, Lampenlicht März 1921 Tag u. Stunde	Filtrierte Lösung von $CaCO_3$			Unfiltrierte Aufschwemmung von $CaCO_3$		
	$\varkappa_{18} . 10^4$	— Abnahme nach Einleiten von CO_2 um:	Phenolphtalein-Reaktion	$\varkappa_{18} . 10^4$	— Abnahme nach Einleiten von CO_2 um	Phenolphtalein-Reaktion
9., 5^h n. .	0·391	.	+	0·398	.	++
10., 5^h n. .	0·345	0·038	++	0·426	0·056	+++
11., 3^h n. .	0·348	0·048	++	0·496	0·086	+++
12., 3^h n. .	0·318	0·036	++	0·503	0·095	+++
13., 11^h v. .	0·287	0·033	++	0·461	0·096	+++
14., 6^h n. .	0·205	0·011	+	0·406	0·062	+++
15., 6^h n. .	0·145	0·005	+	0·420	0·053	+++
18., 6^h n. .	0·050	—	-		.	.

Die Tabellen 5 und 6 geben Versuche bei künstlichem Licht wieder, welche unternommen wurden, um den Beginn und das Ausmaß der Leitfähigkeitsschwankung sowie deren Zusammenhang mit der Entstehung der alkalischen Reaktion[1] (Tab. 6) zu studieren. Es gelangten zu diesem Zwecke Lösungen mit steigendem Calciumbicarbonatgehalt zur Anwendung und die Zahlenreihen enthalten (wie schon in Tabelle 4) einerseits $\varkappa_{18} . 10^4$ der ungestörten Lösung, andrerseits den Leitfähigkeitsabfall (die Differenz der beiden gemessenen Werte) nach Einblasen von CO_2. Den Versuchen der Tabelle 6 waren je 2 Tröpfchen Phenolphtaleinlösung zugesetzt, der Ausfall der Reaktion ist in der dritten Kolumne der einzelnen Beobachtungsreihen angegeben. Nebenbei sei noch bemerkt, daß die *Elodea*-Sprosse der in der Tabelle 6 wiedergegebenen Versuche nicht von Kalk befreit worden waren, da diese Maßnahme bei Verwendung von Lösungen, welche von Haus aus $CaCO_3$ enthalten, überflüssig erscheint. Die Temperatur betrug in allen diesen Versuchsreihen 16 bis 18°.

Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefaßt werden: Das Auftreten der Leitfähigkeitsschwankung hängt vom Bicarbonatgehalt insofern ab, als die Erscheinung erst dann auftritt, wenn das Bicarbonat schon zum größten Teile verbraucht ist. Während die Messungen in der $CaCO_3$-Aufschwemmung die Leitfähigkeitsabnahme beim Einblasen von Atemluft schon wenige Stunden

---

[1] Es wäre eine verlockende und vielversprechende Aufgabe, durch exakte Bestimmungen der OH-Ionenkonzentration die hier nur angedeuteten Veranderungen näher zu studieren. Vgl. das Buch von Michaelis, Die Wasserstoffionenkonzentration.

Tabelle 5.

Je zwei Sprosse von $CaCO_3$ befreite *Elodea.* Destilliertes Wasser mit Zusatz von:

Dunkelkammer, Lampenlicht März 1921 Tag und Stunde	$CaCO_3$-Aufschwemmung		5 *cm*³ $Ca(HCO_3)_2$-Lösung		10 *cm*³ $Ca(HCO_3)_2$-Lösung		20 *cm*³ $Ca(HCO_3)_2$-Lösung		30 *cm*³ $Ca(HCO_3)_2$-Lösung	
	$\varkappa_{18} \cdot 10^4$	Abnahme nach Einleiten von CO_2	$\varkappa_{18} \cdot 10^4$	Abnahme nach Einleiten von CO_2	$\varkappa_{18} \cdot 10^4$	Abnahme nach Einleiten von CO_2	$\varkappa_{18} \cdot 10^4$	Abnahme nach Einleiten von CO_2	$\varkappa_{18} \cdot 10^4$	Abnahme nach Einleiten von CO_2
19., 6^h nachmittags...	0·296	—	0·814	—	1·53	—	2·99	—	4·27	—
20., 10^h vormittags....	0·537	0·124	0·660	0·072	0·785	0·014	1·33		2·09	—
22., 11^h vormittags....	0·480	0·112	0·586	0·162	0·368	0·086	0·553	0·185	0·563	0·128
23., 3^h nachmittags...	0·388	0·067	0·513	0·172	0·338	0·090	0·517	0·183	0·566	0·149

Tabelle 6.

Zwei Sprosse *Elodea*. Destilliertes Wasser mit Zusatz von:

Dunkelkammer, Lampenlicht	$CaCO_2$-Aufschwemmung			5 *cm*³ $Ca(HCO_3)_2$-Lösung			10 *cm*³ $Ca(HCO_3)_2$-Lösung			20 *cm*³ $Ca(HCO_3)_2$-Lösung			30 *cm*³ $Ca(HCO_3)_2$-Lösung		
März 1921 Tag und Stunde	$\varkappa_{18}\cdot 10^4$	Abnahme nach Einleiten von CO_2	Phenolphtalein-Reaktion	$\varkappa_{18}\cdot 10^4$	Abnahme nach Einleiten von CO_2	Phenolphtalein-Reaktion	$\varkappa_{18}\cdot 10^4$	Abnahme nach Einleiten von CO_2	Phenolphtalein-Reaktion	$\varkappa_{18}\cdot 10^4$	Abnahme nach Einleiten von CO_2	Phenolphtalein-Reaktion	$\varkappa_{18}\cdot 10^4$	Abnahme nach Einleiten von CO_2	Phenolphtalein-Reaktion
15., 6ʰ n.	0·302	—	—	0·883	—	—	1·67	—	—	3·18	—	—	4·66	—	—
16., 10ʰ v.	0·584	0·140	+++	0·640	0·085	+++	0·896	—	++	2·87	—	+	3·86	—	—
16., 6ʰ n.	0·663	0·167	+++	0·540	0·109	+++	0·636	0·102	+++	1·95	—	++	2·70	—	—
17., 11ʰ v.	0·618	0·186	+++	0·537	0·154	+++	0·540	0·140	+++	0·610	0·066	+++	0·750	—	++
18., 6ʰ n.	0·568	0·171	+++	0·442	0·116	+++	0·442	0·112	+++	0·541	0·121	+++	0·612	0·107	+++

Zu Tabelle 6.

März 1921 Tag und Stunde	Die verwendeten $Ca(HCO_3)_2$-Lösungen ohne *Elodea* $\varkappa_{18} . 10^4$			
	5 cm^3	10 cm^3	20 cm^3	30 cm^3
15., 6^h nachmittags .	0·918	1·71	3·27	4·76
16., 10^h vormittags ..	0·921	1·70	3·28	4·79
16., 6^h nachmittags .	0·931	1·68	3·27	4·72
17., 11^h vormittags ..	0·931	1·67	3·22	4·43
18., 6^h nachmittags .	0·934	1·65	3·13	3·48

nach Einstellung des Versuches im vollen Umfange zeigten, trat dies in den Kölbchen mit Bicarbonatzusatz erst auf, wenn $\varkappa_{18} . 10^4$ auf einen sehr niedrigen Wert (etwa 0·7) gesunken war.

Die Größe des Abfalles weist wohl in den verschiedenen Versuchen bedeutende Differenzen auf. Doch hängen diese offenbar nicht von der Lösung, sondern vom individuellen Zustand der Pflanzen ab. Sie ist in der bicarbonatfreien $CaCO_3$-Aufschwemmung von demselben Ausmaß wie in jenen Kölbchen, wo auf Kosten des zugesetzten Bicarbonats kräftige Assimilation eingetreten war. Ganz übereinstimmend mit dem sich täglich wiederholenden Lichtanstieg der Leitfähigkeitskurve in Fig. 1 sehen wir auch hier in den Kalkaufschwemmungen $\varkappa_{18}$ am Beginn der Versuche kräftig wachsen.

Der Beginn der Rotfärbung bei Zusatz von Phenolphtalein fällt mit jenem der Leitfähigkeitsschwankung keineswegs zusammen, sondern die alkalische Reaktion wird schon viel früher, bei noch recht bedeutendem Bicarbonatgehalt bemerkbar. Dies ist jedoch auf Grund der durch die Assimilation der freien CO_2 verursachten Gleichgewichtsstörung (vgl. p. 80) unschwer zu verstehen. Intensiv wird die Rotfärbung jedoch erst dann, wenn auch die Leitfähigkeitsschwankung eintritt, eine Tatsache, welche neuerdings für den Zusammenhang beider Erscheinungen spricht.

Wenn nun, wie aus allen diesen Feststellungen hervorgeht, der Lichtanstieg des Leitvermögens in unseren Kulturlösungen durch Einleiten von Kohlensäure vollständig wieder rückgängig gemacht werden kann, so ist der Schluß berechtigt, daß es andrerseits der Entzug von CO_2 durch die Pflanze ist, welcher in den Lösungen Veränderungen hervorruft, die mit einer Erhöhung der Leitfähigkeit verbunden sind.

Freie CO_2 kommt dabei nicht in Betracht und es kann sich daher nur um die in den Carbonaten, beziehungsweise Bicarbonaten gebundene Kohlensäure handeln, und Gegenstand der folgenden

Überlegung soll es sein, zu zeigen, in welcher Weise auf diesem Wege eine Erhöhung des Leitvermögens möglich ist.

Eine Steigerung von $\varkappa_{18}$ einer Lösung bei unveränderter Äquivalentkonzentration (η) ist nur dann möglich, wenn die gelösten Elektrolyte in Verbindungen von höherem Äquivalentleitvermögen Λ übergeführt werden $\left(\text{da } \Lambda = \frac{\varkappa_{18}}{\eta}\right)$. Bekanntlich ist das Leitvermögen eines Elektrolyten durch die Beweglichkeit seiner Ionen bedingt und das Äquivalentleitvermögen stellt sich geradezu als die Summe der Beweglichkeiten des Anions und des Kations dar $(\Lambda = l_A + l_K)$; vgl. Kohlrausch, p. 101.

Nun schwanken die Beweglichkeiten der Ionen der meisten Neutralsalze nur innerhalb geringer Grenzen und die Äquivalentleitvermögen dieser Elektrolyte weisen keine sehr großen Differenzen auf, sie liegen bei Verdünnungen von etwa 0·001 um die Zahl 110 herum. Ganz anders verhalten sich jedoch jene Verbindungen, bei deren Dissoziation $H^{\cdot}$- oder OH'-Ionen auftreten. Hier ist das Äquivalentleitvermögen unverhältnismäßig größer, da die Beweglichkeiten sowohl der Wasserstoff- wie auch der Hydroxylionen jene der Anionen und Kationen der Neutralsalze bei weitem übersteigen.[1]

Da nun in unseren Versuchslösungen ein Überwiegen der H-Ionen in Anbetracht der alkalischen Reaktion ausgeschlossen ist, so kann die Erhöhung des Leitvermögens im Licht nur durch eine Vermehrung der OH'-Ionen herbeigeführt worden sein.

Es entsteht nun die Frage, ob und inwieweit in den geschilderten Versuchen eine Vermehrung der Hydroxylionen eintreten kann. Bekanntlich sind die Carbonate als Salze einer schwachen Säure mit einer starken Base in wässeriger Lösung hydrolysiert, d. h. sie treten mit den $H^{\cdot}$- und OH'-Ionen des Wassers in folgender Weise in Reaktion:[2]

$$K_2CO_3 + HOH \rightleftarrows 2\,K^{\cdot} + HCO_3' + OH'.$$

---

[1] Als Beleg seien aus der von Kohlrausch mitgeteilten Tabelle der Ionenbeweglichkeiten folgende Zahlen gegenübergestellt:

In 0·001-normaler Lösung

Ca	48	CO_3	69
H	314	OH.........	171

Demnach ergibt sich das Äquivalentleitvermögen von

$CaCO_3 = 117,$
$Ca(OH)_2 = 219.$

[2] Vgl. Kniep: Photosynthese im Handwörterbuch der Naturwissenschaften.

Die Hydrolyse und somit auch die Hydroxylionenkonzentration ist bei den Carbonaten erheblich stärker als bei den Bicarbonaten und deshalb haben auch, bei gleicher Äquivalentkonzentration, erstere ein höheres Leitvermögen als letztere. Leitet man z. B. in eine 0·001-norm. K_2CO_3-Lösung Kohlensäure ein, so sinkt nach Maßgabe des gebildeten Bicarbonats $\varkappa_{18}$ rasch von 1·33 auf etwa 1·05.[1] Bei noch größerer Verdünnung wird die Schwankung naturgemäß entsprechend kleiner. So ist für die konzentrierte, d. h. 13 *mg* = 0·00026 Äquivalente im Liter enthaltende Lösung von $CaCO_3$ (gefällt) $\varkappa_{18} . 10^4 = 0 \cdot 29$. Das Leitvermögen der äquivalenten Lösung von $Ca(HCO_3)_2$ wurde empirisch durch Verdünnung von Bicarbonatlösungen bekannten Ca-Gehaltes und Interpolation mit etwa 0·22 bestimmt und die Differenz Carbonat—Bicarbonat beträgt somit 0·07. Praktisch fand ich jedoch — durch Einleiten von CO_2 in mit aller Sorgfalt unter Ausschluß der atmosphärischen Kohlensäure hergestellten Lösungen — nur 0·05 im Maximum.

Wenn nun in unseren Versuchen infolge der Assimilationstätigkeit der *Elodea* das ursprünglich in Lösung befindliche Calciumbicarbonat in Carbonat übergeführt wird, so bedeutet schon dieser Vorgang einen Anstieg des Äquivalentleitvermögens und man könnte auf Grund dessen die Zunahme von $\varkappa_{18}$ im intensiven Lichte teilweise erklären, insoweit nämlich, als sie das durch die soeben mitgeteilten Zahlen gegebene Maß nicht übersteigt.

Wir sehen aber, daß die Größe der Schwankung nur in selteneren Fällen unterhalb dieses durch die Überführung von Carbonat in Bicarbonat bedingten Wertes von 0·07 gelegen ist. Meist ist sie viel bedeutender und beträgt schon im Lampenlicht das doppelte bis dreifache, im direkten Sonnenlichte das fünf- bis sechsfache. Ich verweise da auf das Maximum der täglichen Schwankung im Diagramm Fig. 1 mit 0·36, das aber noch nicht den größten beobachteten Wert darstellt. So verursachte in einem anderen Versuch ein *Elodea*-Sproß in Bachwasser nach vollzogener Spaltung des Bicarbonats an drei aufeinanderfolgenden Tagen Leitfähigkeitsunterschiede von 0·39, 0·43, 0·41 $(.10^{-4})$. Selbst wenn man annimmt, daß in den Versuchen aus irgendwelchen Gründen übersättigte Lösungen von $CaCO_3$ entstehen könnten, so würde die Schwankung nach den gemessenen Leitfähigkeiten im äußersten Falle nur etwa 0·10 bis 0·14 betragen.[2]

---

[1] Nach Kohlrausch (p. 92) bereitet die exakte Bestimmung des Leitvermögens der Carbonate in äußerster Verdünnung (etwa über 0·001 hinaus) infolge des Einflusses minimalster Verunreinigungen des destillierten Wassers Schwierigkeiten. Doch ist die dadurch bedingte Ungenauigkeit viel zu gering, um im Vergleich zu den großen Schwankungen der hier behandelten Versuche ins Gewicht zu fallen.

[2] Man könnte vielleicht einwenden, daß der so außerordentlich intensive Lichtanstieg in natürlichen Wässern nicht allein durch die Bildung von Calciumcarbonat, sondern durch das Zusammenwirken aller im Wasser vorhandenen Carbonate bedingt sein und daher einen größeren Wert erreichen könnte. Wie die Analyse des Lunzer Seewassers zeigt, käme hier nur noch $MgCO_3$ in Betracht, da Alkalien

Wir kommen also mit dieser Erklärung bei weitem nicht aus und es muß daher die Hydroxylionenkonzentration in den Versuchslösungen eine bedeutend größere sein, als sie durch die Hydrolyse der vorhandenen Carbonate verursacht sein könnte.

Tatsächlich findet man ebensogroße Schwankungen, wie sie unter dem Einfluß der Pflanze eintreten, oder noch bedeutendere, nur noch beim Einleiten von Kohlensäure in Hydroxydlösungen [z. B. Ca(OH)$_2$] von entsprechender Verdünnung (vgl. die Zahlen p. 97).

Es muß also in den Versuchslösungen Hydroxydbildung auf Kosten der Carbonate eingetreten sein. Diese Feststellung führt aber zu dem Schlusse, daß die Kohlensäureassimilation nach Umsetzung des Bicarbonats in Carbonat nicht stillesteht, sondern daß weiterhin dem gelösten Carbonat noch ein Teil der Anionen entrissen und durch Hydroxylionen ersetzt wird.[1]

In welcher Weise dieser Vorgang in den Einzelheiten stattfindet, entzieht sich der sicheren Beurteilung. Die einfachste Erklärung ist meines Erachtens durch die Annahme gegeben, daß die Ca$^{\cdot\cdot}$-Ionen langsamer in die Zellen eintreten als die CO$_3''$- beziehungsweise HCO$_3'$-Ionen. Für die im Überschusse aufgenommenen Carbonationen muß die äquivalente Menge eines anderen Anions in die Lösung zurückgegeben werden und dies ist in unserem Falle OH'.

Eine einseitige Aufnahme von Ionen kann man, wofern sie mit einem Austausch verbunden ist, nicht von der Hand weisen.[2] Für unseren Fall spricht schon ein von Czapek zitierter und mit den hier erörterten Versuchsergebnissen übereinstimmender Befund Knop's,[3] daß in nitrathaltigen Nährlösungen mit der Zeit eine alkalische Reaktion auftritt.

---

nur in verschwindenden Mengen vorhanden sind. Ich habe deshalb mit *Elodea* sowohl in reinen MgCO$_3$-Lösungen verschiedener Konzentration sowie in solchen mit CaCO$_3$-Zusatz experimentiert, jedoch niemals eine größere Schwankung als bei alleiniger Anwesenheit von CaCO$_3$ gefunden (die größten beobachteten Werte in reinem MgCO$_3$ waren 0·05, in MgCO$_3$+CaCO$_3$ 0·14). Übrigens wurde selbst unter der unzutreffenden Annahme, daß der gesamte nach Spaltung des Bicarbonats noch übriggebliebene Salzgehalt nur aus einem Carbonat (z. B. einem Alkalicarbonat) bestünde, der bei der Umwandlung in Bicarbonat mögliche Abfall das Ausmaß der größten beobachteten Schwankungen nicht erreichen.

[1] Eine ähnliche Auffassung des Vorganges der Bicarbonatassimilation (in Alkali-Bicarbonatlösungen), daß »die Pflanze das kohlensaure Salz in Form seiner Ionen aufnimmt und unter Ausscheidung von Sauerstoff und Alkalihydrat reduziert«, vermutet Nathansohn (l. c., p. 215) einer Bemerkung Czapek's (Biochemie, 1. Aufl., Bd. 1, p. 421) zugrunde legen zu können. Es erscheint mir aber unsicher, ob die betreffende Stelle wirklich in diesem Sinne zu deuten ist.

[2] Vgl. auch Czapek, Biochemie, 1. Aufl., II, p. 847, und Nathansohn, Der Stoffwechsel der Pflanzen. Leipzig 1910, p. 97, 98, 117.

[3] Knop, Landw. Versuchsanst., Bd. CXXI, 1861, p. 295.

Aber auch die bereits mitgeteilten Ergebnisse der Versuche in carbonatfreien Lösungen enthalten Anhaltspunkte für die Annahme, daß die Ca''-Ionen im allgemeinen mit geringerer Geschwindigkeit in die Pflanze aufgenommen werden als die an sie gebundenen Anionen. Ich erinnere an die Beobachtung, daß in konzentrierteren Lösungen von Neutralsalzen des Calciums [0·01-norm. $Ca(NO_3)_2$, $CaSO_4$, $CaCl_2$], denen etwas Phenolphtalein zugesetzt war, scharf begrenzte, rote Wölkchen auf der Oberseite der Blätter auftraten. Diese lokalisierte, aber sehr deutliche Alkalibildung ist wohl kaum auf andere Weise zu erklären, als durch die Annahme eines rascher erfolgenden Eintretens der Anionen und deren Ersatz durch OH'. Es darf nicht wundernehmen, wenn der Vorgang beim Carbonat um so viel rascher vor sich geht, da der ständige und vollkommene Verbrauch der Carbonationen deren Aufnahme gewiß sehr begünstigt.

Kehren wir nun noch einmal zu den Leitfähigkeitsschwankungen der früher geschilderten Versuche, insbesondere zu jenen der Tabellen 5 und 6 zurück, um zu prüfen, wie sich diese Vorgänge unter Zugrundelegung der soeben besprochenen Annahme darstellen.

In der Aufschwemmung von kohlensaurem Kalk steht der Pflanze, sobald etwa noch vorhandene Spuren von Bicarbonat zersetzt sind, nur eine konzentrierte $CaCO_3$-Lösung zu Gebote. Hier tritt die Wirkung der einseitigen Aufnahme der Carbonationen und der Abgabe von OH' gleich zutage, die Leitfähigkeit steigt beträchtlich und die Lösung enthält nun außer $CaCO_3$ noch $Ca(OH)_2$. Durch die Umsetzung in Hydroxyd wird die Konzentration des Carbonats herabgesetzt und neuer Kalk wird sich aus dem Bodensatz auflösen. Diesem Vorgang wird eine Grenze einerseits durch die individuelle Assimilationsenergie der Pflanze, andrerseits durch die Konzentration der OH'-Ionen gesetzt, die beim Überschreiten eines gewissen Maßes, wie anzunehmen ist und wie auch Nathansohn[1] vermutet, die Assimilation sistiert. Leitet man nun Kohlensäure ein, so wird das Hydroxyd in Carbonat und dieses weiterhin in Bicarbonat übergeführt, die Leitfähigkeit fällt rasch ab und erst wenn die ganze Umsetzung vollständig beendet ist, kommt sie zum Stillstande.

Von vornherein könnte man erwarten, daß beim Ausgehen von der konzentrierten Carbonatlösung dieser Stillstand bei einem in der Nähe der Leitfähigkeit der äquivalenten Bicarbonatlösung liegenden Werte eintreten müßte. Dies ist aber durchaus nicht der Fall, sondern gerade bei den größten Schwankungen liegt das Minimum erheblich höher. Diese Erscheinung dürfte unschwer darauf zurückzuführen sein, daß die Ca-Konzentration, wie oben angedeutet wurde, im ganzen zugenommen hat (durch Auflösung aus dem Bodensatz) und, bei Einleitung von CO_2, das $CaCO_3$, bevor es noch ausfallen kann, in das gelöst bleibende $Ca(HCO_3)_2$ übergeführt wird.

---

[1] Nathansohn, Bedingungen der Kohlensäureassimilation etc., p. 215.

Man kann eine ganz analoge Erscheinung auch beobachten, wenn man Kohlensäure in eine reine Lösung von Calciumhydroxyd einbläst. Folgende Zusammenstellung gibt diese Leitfähigkeitsabnahmen, wie sie in verschiedenen Verdünnungen einer mit ausgekochtem destillierten Wasser hergestellten $Ca(OH)_2$-Lösung erhalten wurden, wieder:

$\varkappa_{18}.10^4$

Vor Einleiten von CO_2	Nach Einleiten von CO_2
1·75	0·73
0·98	0·46
0·62	0·34

Der Stillstand der Abnahme erfolgt somit auch hier bei einem höheren, mit der Konzentration steigenden Werte. Zu einem Schwankungsausmaß, das dem in den Versuchen mit *Elodea* gefundenen noch näher kommt, gelangt man, wenn man von einer mit $CaCO_3$ verunreinigten Lösung ausgeht, wie man sie erhält, wenn man das Hydroxyd in ungekochtem, also etwas CO_2 enthaltendem Wasser auflöst. Derartige Messungen ergaben:

$\varkappa_{18}.10^4$

Vor Einleiten von CO_2	Nach Einleiten von CO_2
1·53	0·82
0·85	0·53
0·51	0·39

Bei den Versuchen mit *Elodea* in Bicarbonatlösungen ist, solange noch nennenswerte Mengen von Bicarbonat vorhanden sind, das Auftreten einer Leitfähigkeitsschwankung deshalb nicht möglich, weil unter dem Einfluß des sich ständig zersetzenden Bicarbonats eine Erhöhung der Hydroxylionenkonzentration nicht eintreten kann. Erst bei einer Gesamtleitfähigkeit von 0·7.10^{-4} tritt die Erscheinung rasch zunehmend auf, um die größte Differenz bei etwa 0·5 bis 0·6.10^{-4} zu erreichen.

Das Ausmaß der Schwankungen ergab sehr verschiedene Werte und erwies sich in hohem Grade abhängig von den individuellen Eigenschaften der verwendeten Sprosse. Mitunter zeigten auch Pflanzen, deren Assimilationsfähigkeit in Bicarbonatlösungen anscheinend normal war, einen nur mäßigen Anstieg der Leitfähigkeit. So z. B. in den Versuchen der Tabelle 1, wo die Endwerte in Bicarbonatlösung und in Carbonataufschwemmung jene der konzentrierten $CaCO_3$-Lösung nur wenig übersteigen. In diesen Fällen dürfte eine Bildung von Hydroxyd gar nicht oder nur in geringstem Umfange stattgefunden haben.

In der Mehrzahl der Fälle jedoch beträgt der Leitfähigkeitsanstieg 0·10 bis 0·18 im Lampenlicht, 0·20 bis 0·43 im direkten Sonnenlicht und in diesen Fällen ist die Vermehrung der Hydroxylionen und somit die Hydroxydbildung sehr beträchtlich.

Stellt man die Versuche in wachsender Entfernung von der Lampe auf, so nimmt die Schwankung ab, ein Beweis für deren Abhängigkeit von der Lichtintensität.

Die Aufnahme von Carbonaten durch Elodea.

Die vorstehenden Darlegungen setzen voraus, daß Carbonate überhaupt von der Pflanze aufgenommen werden, wenn auch, speziell bei Calciumcarbonat, unter Bevorzugung des Anions.

Da es bisher auch mit den feinsten Methoden nicht gelungen ist, in reinen Carbonatlösungen eine Abscheidung von Sauerstoff aus Wasserpflanzen festzustellen, so hat man den Schluß gezogen, daß wohl die bei der Spaltung der Bicarbonate freiwerdende, aber nicht die in den Carbonaten gebundene Kohlensäure für die Assimilation ausgenützt werden kann, und Nathansohn spricht die Ansicht aus, daß Carbonate überhaupt nicht oder nur spurenweise in die Pflanzenzellen eintreten.[1]

Diesen Fragen mußte, wegen deren Wichtigkeit für die uns interessierenden Probleme, einige Aufmerksamkeit gewidmet werden und die Resultate der diesbezüglichen Beobachtungen seien im folgenden mitgeteilt.

Vorausschickend muß ich bemerken, daß hiebei die etwaige Aufnahme von Carbonat und Bicarbonat, beziehungsweise von CO_3''- und HCO_3'-Ionen nicht unterschieden werden kann, da ja auch in reinen Carbonatlösungen infolge der Hydrolyse (vgl. p. 93) stets beiderlei Ionen vorhanden sind. Für unsere Frage ist dies auch gleichgültig, es handelt sich lediglich um die Feststellung, ob kohlensaure Salze als solche, beziehungsweise deren Ionen, oder nur freie CO_2 in die Zellen eintreten können.

Zunächst sei auf den in Tabelle 1 wiedergegebenen Versuch in filtrierter $CaCO_3$-Lösung hingewiesen. Hier sank $K_{18} . 10^4$ innerhalb 8 Tagen von 0·39 auf 0·05; in einem anderen Versuch innerhalb 6 Tagen von 0·29 auf 0·025, auf einen Wert, welcher dem Leitvermögen eines mittelguten destillierten Wassers entspricht.

Es ist somit im Laufe der Versuchsdauer der kohlensaure Kalk nahezu vollständig aus der Lösung verschwunden und muß von der Pflanze aufgenommen worden sein.[2]

---

[1] Nathansohn, Über die Bedeutung der Kohlensäureassimilation etc., p. 215 f. — Ferner Kniep, Photosynthese im Handwb. d. Naturw. VII, p. 793.

[2] Um dem Einwand zu begegnen, daß der Kalk vielleicht in anderer Weise, z. B. als Oxalat außerhalb der Pflanze ausgefällt worden sein könnte, eine Vermutung, welche sich besonders bei dem zweiten, bei höherer Temperatur (zirka 26°) gehaltenen Versuch, dessen Lösung eine flockige Trübung aufwies, aufdrängte, wurde diese Trübung abzentrifugiert und mikroskopisch untersucht. Sie bestand aus Bakterien und Protozoen. Der Gesamtrückstand wurde auf einem Platinblech verascht, und

Hierauf wurden Lösungen von Kaliumbicarbonat untersucht. Würde das Salz von der Pflanze nicht aufgenommen, sondern, wie **Nathansohn** annimmt, nur durch Entzug der CO_2 in Carbonat übergeführt werden, so müßte die Leitfähigkeit der Lösung nach unseren früheren Darlegungen (wegen des größeren Äquivalentleitvermögens des Carbonats) einen Anstieg aufweisen. Aber gerade das Gegenteil findet statt. In Fig. 4 ist der Kurvenverlauf von $\varkappa_{18}$, wie er durch je zwei kalkfreie *Elodea*-Sprosse in Lösungen von 0·0005-norm. (I), beziehungsweise 0·001-norm. (II, III, IV) $KHCO_3$ verursacht wurde, wiedergegeben. Versuch I und II befanden sich im Licht (20 *cm* vor einer 100-kerzigen Spiraldrahtlampe), III war während der ganzen Versuchsdauer verdunkelt, IV durch 4 Tage verdunkelt, dann, bei *L*, belichtet.

Den Versuchskölbchen war Phenolphtalein zugesetzt worden und die entsprechende Reaktion ist neben den Beobachtungen eingetragen. Die Temperatur betrug am Anfang des Versuches 17° und stieg allmählich auf 20°.

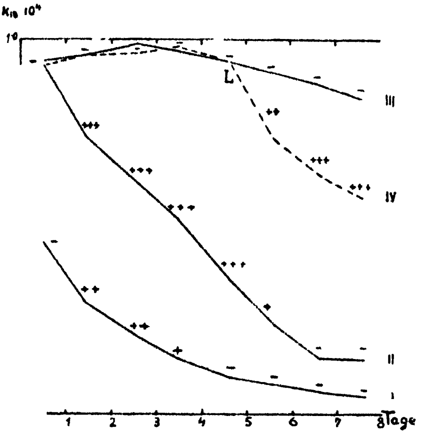


Fig. 4.

Die Lichtversuche zeigten ein noch rascheres Fallen der Konzentration als bei Anwendung von $CaCO_3$. Dabei wurde, wie das Auftreten der Phenolphtaleinreaktion und der bei jeder Beobachtung kontrollierte Abfall der Leitfähigkeit bei Einleiten von CO_2 beweist, das Bicarbonat, jedoch nur zum Teil, in Carbonat umgesetzt (der Abfall betrug nur 0·08 im Maximum; Erscheinungen, die auf eine Hydroxydbildung hingedeutet hätten, wurden niemals wahrgenommen). Gegen Ende des Versuches verschwand die Phenolphtaleinreaktion wieder infolge des schließlich fast vollständigen Verbrauches des gelösten Salzes. Die Geschwindigkeit der Aufnahme nahm mit fallender Konzentration allmählich ab, wie insbesondere die Kurve I sehr schön erkennen läßt. In einem anderen Versuch erfolgte der Vorgang noch rascher, die Leitfähigkeit fiel innerhalb 4 Tagen von 0·53 auf 0·07.

Im Vergleich dazu zeigten die Dunkelversuche eine nur geringfügige Abnahme der Konzentration. Da es denkbar wäre, daß der Abfall des Carbonatgehaltes trotz der nur wenig veränderten Leit-

mikrochemisch auf Ca geprüft, jedoch mit negativem Erfolg. Die Flüssigkeit selbst, zirka 80 cm^3, wurde auf dem Wasserbade auf 8 cm^3 eingeengt und ergab bei Zusatz von Ammoniumoxalat nur eine minimale Trübung, viel schwächer als die nicht eingeengte Ausgangslösung.

fähigkeit doch erfolgte, aber infolge der steigenden Sättigung der Lösung mit Atmungskohlensäure (welche offenbar den anfänglichen Anstieg bedingt) nur verdeckt war, wurde der Versuch IV nach 4 Tagen belichtet. Der Abfall trat von diesem Zeitpunkt ab ganz konform jenem am Beginn der Lichtversuche ein und gleichzeitig erschien die Phenolphtaleinreaktion sehr intensiv, zu einer Zeit, wo sie in den dauernd belichteten Versuchen infolge der Erschöpfung des Carbonatgehaltes schon verschwunden war. Daraus muß man schließen, daß im Dunkeln tatsächlich sehr wenig Carbonat von der Pflanze aufgenommen worden war.[1]

Wenn auch nach den mitgeteilten Ergebnissen die Aufnahme der Carbonate im Licht relativ langsam vor sich geht, so sind doch die im Laufe der Versuchsdauer in die Pflanze eingetretenen Gewichtsmengen immerhin nicht unbedeutend. So hatten zwei *Elodea*-Sprosse aus 100 *cm*³ der $CaCO_3$-Lösung in 7 Tagen mehr als 1 *mg* kohlensauren Kalk, aus der gleichen Menge 0·001-norm. Kaliumbicarbonatlösung zirka 5 *mg* des Salzes entnommen.

Dieser Befund ist immerhin von einiger Wichtigkeit für die Beurteilung der Kohlensäureassimilation der Wasserpflanzen. Wenn Carbonate, wie die mitgeteilten Versuche zeigen, tatsächlich in die Pflanzenzellen eintreten, so ist nicht einzusehen, daß deren CO_2 nicht für die Assimilation verwendet werden sollte, zumal ja die Kohlensäure im sauren Zellsaft frei werden muß.[2] Schon die um so viel langsamere Aufnahme der Carbonate im Dunkeln spricht für den Zusammenhang der Erscheinung mit der Kohlensäureassimilation.

Die Angaben Nathansohn's und anderer Forscher, welche den Carbonaten jede Bedeutung für die Assimilation absprechen, dürften darauf zurückzuführen sein, daß sie sich sämtlich auf die Beobachtung des aus der Pflanze austretenden Sauerstoffes stützen. Da nun die Aufnahme der Carbonate, wie wir gesehen haben, außerordentlich langsam erfolgt, so ist es sehr gut denkbar, daß dabei gar keine merkliche Sauerstoffabgabe an die Lösung eintritt.

Der Vorgang der Kohlensäureassimilation durch Elodea in Lösungen von Calciumbicarbonat.

Über die Art und Weise, wie die Wasserpflanzen die für die Assimilation nötige CO_2 aus dem sie umgebenden Medium schöpfen, stehen sich zwei Meinungen gegenüber. Nathansohn vertritt die Anschauung, daß die Pflanzen nur die in jeder Bicarbonatlösung stets vorhandene freie Kohlensäure aufzunehmen vermögen, welche dann, infolge der erfolgten Störung des chemischen Gleichgewichtes, immer neu aus dem Bicarbonat abgespalten werden muß. Da nun die CO_2-Tension im Wasser von jener der Atmosphäre bestimmt wird und auch der absolute Gehalt dem in der Luft vorhandenen ungefähr gleichkommt, so wären die Wasserpflanzen hinsichtlich der Kohlensäureversorgung keineswegs günstiger daran als die Landpflanzen und die halbgebundene CO_2 der Bicarbonate hätte nur die Bedeutung eines Vorrates, der die Tension des Gases im Wasser immer auf gleicher Höhe erhält.

---

[1] Die Aufnahme scheint in gleicher Weise für Bicarbonate wie für Carbonate zu gelten. In einer Versuchsreihe blieb, offenbar infolge irgendwelcher Schädigung der Pflanze sowohl die Verfärbung sowie auch der Abfall nach Einleiten von CO_2 aus, ein Beweis, daß das Bicarbonat nicht in Carbonat übergeführt worden war und doch war eine deutliche Abnahme der Konzentration eingetreten.

[2] Der Einwand Nathansohn's, daß durch die Aufnahme der Carbonate allmählich eine Neutralisierung des Zellsaftes eintreten müßte, erscheint mir nicht zutreffend, da in der lebenden Pflanzenzelle immer Mittel vorhanden sein werden, die Abnahme der Acidität wieder auszugleichen, z. B. schon durch die früher erwähnte Abgabe von OH'-Ionen in Calciumcarbonatlösungen.

Angelstein[1] dagegen kommt auf Grund seiner Beobachtung, daß die Assimilationsgröße bei gleicher CO_2-Tension mit dem Gehalt an Bicarbonat steigt, zu dem Schlusse, daß die Pflanzen imstande seien, nicht nur die freie CO_2, sondern auch die doppeltkohlensauren Salze direkt im Assimilationsprozeß zu verwerten.

Prüft man nun diese Frage auf Grund der hier mitgeteilten Versuchsergebnisse, so ergibt sich, daß als die wichtigste CO_2-Quelle für *Elodea* jedenfalls die durch die Gleichgewichtsverhältnisse in Bicarbonatlösungen bedingte Menge des freien Gases anzusehen ist. Denn die direkte Aufnahme der kohlensauren Calciumsalze erfolgt viel zu langsam, um den raschen Abfall der Konzentration bei lebhafter Assimilation zu erklären. Auch müßten, der großen Konzentrationsabnahme entsprechend, sehr große Mengen von Ca mitaufgenommen werden, deren Bindung in den Zellen kaum vorstellbar ist. Man müßte denn annehmen, daß das aufgenommene Ca in gleicher Weise wieder abgegeben wird, was wiederum der allgemeinen Erfahrung und unseren Versuchen in destilliertem Wasser, wo kein Elektrolytaustritt erkennbar war, widerspricht. Eine einseitige Aufnahme der HCO_3'-Ionen allein kann aber ebenfalls kaum den durch die Assimilationsgröße geforderten Umfang erreichen.

Andrerseits reicht aber Nathansohn's Annahme, wonach die Pflanze nur auf die spontan aus dem Bicarbonat abgespaltene CO_2 angewiesen wäre und keine Mittel besäße, aktiv und direkt in den Prozeß einzugreifen, allein nicht aus, die beobachteten Erscheinungen restlos zu erklären. Vor allem ist schon die große Geschwindigkeit, mit der die Ausfällung des Kalkes unter dem Einfluß der Pflanze erfolgt, mit dem Verhalten von Calciumbicarbonatlösungen bei künstlichem Entzug von CO_2 nicht in Einklang zu bringen.

Wie die in der letzten Versuchsreihe der Tabelle 6 angegebenen Zahlen beweisen, sind auch recht konzentrierte $Ca(HCO_3)_2$-Lösungen beim offenen Stehen an der Luft ziemlich beständig und eine stärkere Abnahme der Konzentration tritt erst nach mehreren Tagen hervor. Dieser Prozeß kann nun durch Einleiten CO_2-freier Luft wesentlich beschleunigt werden, aber auch dann wird die Geschwindigkeit der durch Wasserpflanzen im Licht hervorgerufenen Leitfähigkeitsabnahme bei weitem nicht erreicht.

---

[1] Angelstein, Untersuchungen über die Assimilation submerser Wasserpflanzen. Beitr. z. Biol. d. Pfl., 1910.

Ein Erlenmeyerkolben wurde mit 400 *cm*^{3} Wasser aus dem Lunzer See gefüllt und aus einer Durchlüftungsanlage ein Luftstrom, der durch Einschaltung von Natronkalkröhren und Kaliapparaten von CO_2 vollständig befreit war, in feiner Verteilung durchgeleitet. Daneben wurde ein nicht durchlüfteter ebensolcher Kolben mit 8 Sprossen von *Elodea* im Licht aufgestellt. Nach Ablauf von 18 Stunden war $\varkappa_{18}.10^4$ im ersten Gefäß von 1·95 auf 1·86, im zweiten, *Elodea* enthaltenden Gefäß von 1·97 auf 1·02 gesunken. Daß in dem durchlüfteten Kolben die Kohlensäure wirklich weggeschafft wurde, bewies das Eintreten alkalischer Reaktion gegen Phenolphtalein und trotzdem war der Leitfähigkeitsabfall ein viel geringerer als unter dem Einfluß der Wasserpflanze, obwohl schon infolge der starken, durch die Durchlüftung bedingten Wasserbewegung die Bedingungen für die CO_2-Abgabe offenbar günstiger waren als in dem unbewegten Inhalt des *Elodea*-Gefäßes. Nur dann, wenn man kleine Flüssigkeitsmengen (zirka 100 *cm*^{3}) verwendet und sehr kräftig CO_2-freie Luft durchleitet, erfolgt in Bicarbonatlösungen die Abnahme der Leitfähigkeit rascher, ohne aber die unter dem Einfluß von *Elodea* beobachteten Werte zu erreichen.

Vor allem, und das ist wohl besonders zu betonen, gelingt es auf diese Weise nicht, auch die letzten Reste des Bicarbonats zu spalten. Auch nach viertägigem Durchleiten CO_2-freier Luft sank (in reinen Calciumbicarbonatlösungen) die Leitfähigkeit nicht unter $0·6.10^{-4}$ und blieb in der Folge auf diesem Wert konstant. Diese Beobachtung steht ganz im Einklang mit der Angabe, daß es selbst durch Kochen nicht gelingt, doppeltkohlensauren Kalk restlos zu zersetzen und daß auch beim Stehen der Lösungen im Vakuum über KOH ein Teil des Bicarbonats in Lösung bleibt.[1]

Demgegenüber weise ich auf die früher mitgeteilte Tatsache hin, daß *Elodea* imstande ist, Calciumbicarbonat bis zum letzten Rest in Carbonat überzuführen. Konnte doch festgestellt werden, daß in vielen Fällen die Leitfähigkeit der Kulturflüssigkeiten annähernd oder ganz bis zu jenem Werte sinkt, der der konzentrierten $CaCO_3$-Lösung zukommt (um $0·3.10^{-4}$).

Es ist deshalb außer Zweifel, daß die Pflanze die Fähigkeit besitzt, auch noch in anderer Weise als durch einfache Entziehung der freien Kohlensäure in den Prozeß der Bicarbonatspaltung einzugreifen[1] und es liegt auf der Hand, daß dabei in erster Linie die oben geschilderte Erhöhung der OH-Ionenkonzentration in Betracht kommt. Auch **Hassak** hat ja schon der Bildung von Alkali eine entscheidende Rolle bei dem Vorgang zugeschrieben und war damit gewiß auf dem richtigen Wege, wenn auch die Entstehung der alkalischen Reaktion in anderer Weise zustandekommt, als er sie annahm. In zweiter Linie wird auch die direkte Aufnahme der Carbonate in die Pflanzenzelle, insbesondere bei der Erreichung des Konzentrationsminimums mitwirken.

---

[1] Gmelin-Kraut, Handb. d. anorg. Chemie, Bd. II, p. 334 und 336. — Danach bleiben auch bei anhaltendem Kochen einer Calciumbicarbonatlösung 34 bis 36 *mg* $CaCO_3$ in Lösung.

Im Anschluß an diese Darlegungen sei noch das Ergebnis einiger Versuche mitgeteilt, welche geeignet sind, eine Vorstellung von der Gewichtsmenge von $CaCO_3$, welche durch die Assimilationstätigkeit von *Elodea* in einer bestimmten Zeit ausgefällt wird, wie auch von der Menge der gleichzeitig assimilierten CO_2 zu geben und an der Hand dieser Beispiele den Beweis zu erbringen, daß es mit Hilfe der so einfachen Messung des elektrolytischen Leitvermögens möglich ist, die Assimilationsgröße von Wasserpflanzen auf sehr bequeme Weise zu bestimmen, mit Hilfe einer Methode, welche vor dem umständlichen gasanalytischen Verfahren in die Augen springende Vorteile aufweist und hinsichtlich ihrer Genauigkeit die bisher so beliebte »Blasenzählmethode« weit übertrifft.

Stellt man sich aus einer (durch Einleiten von CO_2 in die Aufschwemmung einer genau gewogenen Menge gefällten kohlensauren Kalkes bereiteten) $Ca(HCO_3)_2$-Lösung von bekanntem Ca-Gehalt zahlreiche Verdünnungen her und trägt die gefundenen Leitfähigkeitswerte in ein Koordinatensystem ein, dessen eine Achse $\varkappa_{18}.10^4$, die andere die dazugehörigen Konzentrationen von $CaCO_3$ enthält, so gewinnt man eine in großen Verdünnungen wenig von einer Geraden abweichende Kurve, welche es gestattet, für jede bei Assimilationsversuchen in Calciumbicarbonatlösungen auftretende Leitfähigkeitsabnahme die entsprechende, als $CaCO_3$ berechnete Abnahme der Konzentration zahlenmäßig festzustellen.

Aus einem in dieser Weise hergestellten Diagramm wurden die entsprechenden Gegenwerte in einer für biologische Zwecke wohl hinreichenden Genauigkeit wie folgt ermittelt.

---

[1] Es wäre auch daran zu denken, daß diese Förderung der Bicarbonatspaltung auf einer katalytischen Einwirkung beruhen könnte. Ich fand jedoch keine Beschleunigung des Vorganges durch Zusatz von zerriebenen *Elodea*-Blättern oder von Wasser, in dem *Elodea* längere Zeit kultiviert worden war, zu Lösungen von Calciumbicarbonat.

Eine Veränderung von $\varkappa_{18}.10^4 = 0{\cdot}01$ entspricht:[1]

zwischen	Milligramm $CaCO_3$ im Liter
0 bis 0·5	0·59
0·5 » 1·0	0·62
1·0 » 1·5	0·64
1·5 » 2·0	0·67
2·0 » 2·5	0·69

Da bei der Spaltung des Bicarbonats nach der Formel:

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

äquivalente Mengen von kohlensaurem Kalk und Kohlensäure entstehen, kann man ohne Schwierigkeit (durch Multiplikation der für $CaCO_3$ gefundenen Konzentrationsabnahme mit 0·44) die Menge der assimilierten Kohlensäure berechnen.

Als Beispiel sei folgender Versuch angeführt: Ein Kölbchen mit 100 *cm*³ Calciumbicarbonatlösung und einem etwa 10 *cm* langen *Elodea*-Sproß wurde durch 4 Stunden dem direkten Sonnenlichte ausgesetzt. $K_{18}.10^4$ sank innerhalb dieser Zeit von 1·80 auf 1·19, der entsprechende Abfall der $CaCO_3$-Konzentration wurde mit 38 *mg* für 1 *l* ermittelt. Es waren somit aus der 100 *cm*³ Lösung 3·8 *mg* Kalk aufgefällt und 1·7 *mg* Kohlensäure assimiliert worden. Nach Abschluß des Versuches wurde der verwendete *Elodea*-Sproß bei 100° getrocknet und gewogen. Die berechnete Menge des ausgefällten Kalkes für 1 *g* Trockensubstanz und 1 Stunde Belichtung betrug 11·9 *mg* und die assimilierte CO_2 5·2 *mg*. Bei analogen Versuchen in natürlichem Bachwasser erhielt ich noch höhere Werte, und zwar 18·1 *mg* $CaCO_3$ und 8·0 *mg* CO_2 für 1 *g* Trockensubstanz und 1 Stunde.[2]

An der Hand dieser Befunde und der schon früher besprochenen Ergebnisse seien noch einige Worte der Bedeutung der Bicarbonatassimilation und der damit verknüpften Vorgänge im Haushalt der Natur gewidmet.

---

[1] In Abegg's Handbuch der anorganischen Chemie, Bd. II/2, Leipzig 1905, finde ich Zahlen für das Äquivalentleitvermögen von $Ca(HCO_3)_2$-Lösungen angeführt, die von jenen meines Diagrammes abweichen und ich kann daher die hier wiedergegebenen Werte nur mit Vorbehalt anführen. Doch erhielt ich beim Eindampfen frisch bereiteter Bicarbonatlösungen, deren Leitfähigkeit vorher bestimmt worden war, Trockenrückstände, welche mit den aus meiner Tabelle entnommenen Milligrammwerten sehr gut übereinstimmten. Für Lösungen, deren Leitvermögen durch die Assimilationstätigkeit von *Elodea* schon herabgesetzt war und die eine deutliche alkalische Reaktion zeigten, ergab das Diagramm etwas niedrigere Zahlen als der Abdampfrückstand (um etwa 5 $^0/_0$), was auf den verschiedenen Gehalt an freier CO_2 zurückzuführen sein dürfte. Doch fällt ein durch diese Ungenauigkeiten möglicher Fehler bei den hier angestellten Berechnungen in Anbetracht der individuellen Schwankungen der Assimilationsgröße kaum ins Gewicht.

[2] Die Fehlerquelle, welche durch das gleichzeitige Eintreten der vorhandenen Salze in die Zellen bedingt wird, kann bei der Kürze der Versuchsdauer und der Langsamkeit dieser Vorgänge vernachlässigt werden.

Die ausschlaggebende Rolle, welche die submersen Wasserpflanzen bei der Entkalkung natürlicher Wässer spielen, ist ja bekannt und die soeben mitgeteilten Zahlen geben einen Begriff davon. Beträgt der Wassergehalt der *Elodea* 88%,[1] so werden bei Zugrundelegung der in unserem Versuch mit Bachwasser vollbrachten Leistung von 100 *kg* lebender *Elodea* (wobei natürlich nur die gut belichteten Triebspitzen in Rechnung zu ziehen sind) stündlich 218 *g* und, bei zehnstündiger Sonnenscheindauer, täglich mehr als 2 *kg* Kalk ausgefällt. Die mächtigen Kalkablagerungen der Uferbänke unserer Seen, welche z. B. im Lunzer Untersee zu 90% aus $CaCO_3$ bestehen,[2] geben Zeugnis von der gewaltigen Wirkung der entkalkenden Tätigkeit submerser Wasserpflanzen.

Die mit der Assimilation der Bicarbonatkohlensäure parallellaufenden Erscheinungen, die Abnahme der Konzentration des Wassers und das Auftreten der alkalischen Reaktion während des Tages werden naturgemäß in großen und tiefen Seen, wo die auftretenden Differenzen durch Strömungen stets ausgeglichen werden, gar nicht oder nur in geringem Maße bemerkbar werden. Immerhin fand ich im Lunzer See oberhalb großer *Elodea*-Bestände wenn auch geringe, so doch deutlich feststellbare Schwankungen der elektrolytischen Leitfähigkeit je nach der Belichtung und das Auftreten einer Rotfärbung beim Einträufeln von Phenolphtaleinlösung im hellen Sonnenlicht.

In kleinen und von Pflanzenwuchs durchwucherten Gewässern dagegen spielen sich die Erscheinungen in ähnlicher Weise ab, wie in unseren Versuchsgefäßen und hier werden die Konzentrationsschwankungen sowie vor allem die Veränderung der Hydroxylionenkonzentration im Laufe des Tages einen stets zu berücksichtigenden Einfluß auf die Daseinsbedingungen der Pflanzen und Tierwelt ausüben.

Auf eine Beobachtung möchte ich noch hinweisen, welche schon vor einer Reihe von Jahren gemacht wurde, deren richtige Deutung aber wohl erst im Zusammenhang mit dieser Arbeit möglich ist.

Im Obersee bei Lunz befinden sich ausgedehnte schwimmende Wiesen, welche eine typische Moorflora von *Sphagnum* und seinen Begleitern tragen und in kleinen Tümpeln, oft nur 50 *cm* von der freien Seefläche entfernt, zahlreiche, den Hochmooren eigentümliche Desmidiaceen und andere Algen beherbergen. Es mußte auf den ersten Blick befremden, wie das Entstehen einer solchen kalkfeindlichen Flora, die direkt auf einem See von hohem Kalkgehalt schwimmt, möglich war. Leitfähigkeitsuntersuchungen brachten die

---

[1] Kirchner, Loew, Schröter, Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas, 1908, I, p. 681.

[2] Mulley, Analysen des Schlammes der Lunzer Seen. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. und Hydrogr. 1914. Hydrogr. Suppl. zu Bd. V.

Lösung des Rätsels. Das Wasser der erwähnten kleinen Tümpel und der *Sphagnum*-Rasen ist nicht das Wasser der so nahe benachbarten Seefläche, sondern es weist ein viel geringeres Leitvermögen auf, etwa $0 \cdot 2.10^{-4}$, ungefähr wie Regenwasser. Die Leitfähigkeit des Seewassers selbst beträgt $1 \cdot 65.10^{-4}$. Ich erklärte damals die Erscheinung damit, daß in unserem regenreichen Gebiet Ansammlungen von Regenwasser auch in so unmittelbarer Nähe des Seespiegels dauernd möglich sind, ohne durch die Diffusion ausgeglichen zu werden. Doch dürfte die Erhaltung dieses Konzentrationsunterschiedes in regenarmen Perioden auf Grund dieser Annahme allein schwer zu erklären sein. Auf Grund der hier mitgeteilten Versuchsergebnisse jedoch ist es einleuchtend, daß das vom See gegen das Moor diffundierende Wasser schon beim Passieren des äußersten aus einem dicht verfilzten Pflanzengewirr bestehenden Moorrandes seines Kalkes und eines Teiles seiner anderen Stoffe beraubt und so in einen günstigen Nährboden für die weiter darinnen lebenden Hochmoorpflanzen umgewandelt wird.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, der Akademie der Wissenschaften in Wien für die mir zur Ausführung dieser Arbeit gütigst verliehene Subvention den besten Dank auszusprechen.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Messungen des elektrolytischen Leitvermögens verdünnter Lösungen bilden in der Hand des Biologen ein vortreffliches Mittel, um Konzentrationsveränderungen in natürlichen und künstlichen Nährlösungen in sehr einfacher und zuverlässiger Weise quantitativ festzustellen, und sind geeignet, über die Aufnahme und Abgabe von Elektrolyten durch die in diesen Nährlösungen kultivierten Organismen Aufschluß zu geben.

In der vorliegenden Arbeit wurde diese Methode hauptsächlich auf die Untersuchung des Kohlensäure-Haushaltes submerser Gewächse angewendet und dargetan, daß es möglich ist, auf diese Weise einerseits die Assimilation der Bicarbonatkohlensäure und die damit verknüpften Vorgänge durch vergleichende Untersuchungen genau zu beobachten, andrerseits aus der Leitfähigkeitsabnahme in Calciumbicarbonatlösungen die Menge der assimilierten CO_2 mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen.

2. In natürlichen und künstlichen Lösungen von Calciumbicarbonat findet unter dem Einfluß von *Elodea* und anderen Wasserpflanzen im Licht zunächst ein sehr rascher Abfall des elektrolytischen Leitvermögens statt, der auf die Assimilation der halbgebundenen Kohlensäure und die dabei erfolgende Ausfällung

des Kalkes zurückzuführen ist. Nach Abschluß dieses Prozesses tritt jedoch die entgegengesetzte Erscheinung ein, das Leitvermögen wächst im intensiven Licht bedeutend an, um bei Verdunkelung wieder abzufallen.

3. Dieser Lichtanstieg des Leitvermögens ist an die Anwesenheit von Calciumcarbonat gebunden und dasselbe gilt auch von dem schon bekannten Auftreten einer alkalischen Reaktion in belichteten Wasserpflanzenkulturen. Beide Erscheinungen unterbleiben in destilliertem Wasser oder in verdünnten Lösungen verschiedener Neutralsalze. Es trifft somit der von Hassack angenommene Austritt alkalischer Substanzen (Alkalicarbonaten) aus den Pflanzenzellen nicht zu und da demzufolge die Äquivalentkonzentration der Lösungen im Licht keine Vermehrung erfährt, kann der Anstieg ihrer Leitfähigkeit nur in Veränderungen der kohlensauren Salze zu suchen sein, welche das Äquivalentleitvermögen erhöhen. Dafür kommt in unserem Falle nur eine Vermehrung der Hydroxylionen in Betracht. Die Tatsache, daß dieser Lichtanstieg des Leitvermögens durch Einleiten von CO_2 wieder rückgängig gemacht werden kann, führt zu dem Schlusse, daß es der Kohlensäureentzug bei der Assimilation ist, der ihn bewirkt. Doch reicht die mit der Umwandlung des Bicarbonates in Carbonat verbundene Erhöhung des Leitvermögens nicht aus, die Erscheinung zu erklären, sondern man muß annehmen, daß über diesen Prozeß hinaus noch ein Teil des gelösten Carbonats in Hydroxyd übergeführt wird, um zu der aus den Leitfähigkeitsschwankungen zu folgernden OH-Ionenkonzentration zu gelangen.

4. Diese Hydroxydbildung, beziehungsweise die Vermehrung der OH-Ionen wird auf Grund der auch durch andere Beobachtungen begründeten Voraussetzung erklärt, daß die Ca-Ionen langsamer von der Pflanze aufgenommen werden als die Carbonationen und daß infolgedessen ein Ionenaustausch stattfindet, bei dem an Stelle der überschüssig aufgenommenen Carbonationen OH-Ionen in die Lösung zurückkehren.

5. Daß Carbonate überhaupt von der Pflanze aufgenommen werden, konnte durch die allmähliche Abnahme der Leitfähigkeit von $CaCO_3$ und $KHCO_3$-Lösungen im Licht, beinahe bis zum vollständigen Verschwinden der Salze aus der Lösung, nachgewiesen werden. Im Dunkeln erfolgt die Aufnahme von $KHCO_3$ nur äußerst langsam.

6. *Elodea* hat die Fähigkeit, Calciumbicarbonat bis zum letzten Rest zu spalten und in Carbonat überzuführen. Am Abschluß vieler Versuche in Bicarbonatlösungen war die Leitfähigkeit bis auf den Wert der konzentrierten $CaCO_3$-Lösung, also auf etwa $0 \cdot 3 . 10^{-4}$ gesunken. Aus dieser Tatsache und auf Grund der Erfahrung, daß eine Zersetzung von dieser Vollständigkeit nicht einmal durch anhaltendes Kochen zu erreichen ist, ferner in Anbetracht der großen Geschwindigkeit, mit der sich die Spaltung

des Bicarbonats unter dem Einfluß der Pflanze vollzieht, einer Geschwindigkeit, welche jene der spontanen Zersetzung des Salzes auch bei Durchleiten kohlensäurefreier Luft weit übertrifft, ergibt sich, daß die Annahme Nathansohn's, wonach die submersen Wasserpflanzen nicht die Fähigkeit besäßen, aktiv in den Prozeß der Bicarbonatspaltung einzugreifen, zur Erklärung des ganzen Vorganges nicht ausreicht. Wohl bildet die durch die Gleichgewichtsverhältnisse in Bicarbonatlösungen bedingte Menge der freien CO_2 die Hauptquelle für die Assimilation der Wasserpflanzen, aber durch die nachgewiesene Vermehrung der Hydroxylionen und durch direkte unter Bevorzugung des Carbonat-Ions erfolgende Aufnahme der kohlensauren Salze wird die Spaltung des Bicarbonats wesentlich beschleunigt und die Assimilation gefördert.

Akademie der Wissenschaften in Wien
Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Sitzungsberichte

Abteilung I

Mineralogie, Krystallographie, Botanik, Physiologie der Pflanzen, Zoologie, Paläontologie, Geologie, Physische Geographie und Reisen

130. Band. 4. und 5. Heft

Über Mikroorganismen in der Wiener Hochquellenwasserleitung

Von

Adolf Schwenk

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien,
Nr. 149 der zweiten Folge

(Vorgelegt in der Sitzung am 27. Mai 1921)

Einleitung.

Für die Untersuchung des Trink- und Nutzwassers kommen hauptsächlich zwei Untersuchungsmethoden in Betracht: die chemische und die biologische.[1]

Die ältere von beiden, die chemische Wasseranalyse, vermag zu entscheiden, ob eine durch gesundheitsschädliche Stoffe (z. B. Bleiverbindungen) bedingte Gefahr vorhanden ist, ob weiters ein Wasser infolge seines Gehaltes an gewissen Salzen (z. B. $MgCl_2$) ungenießbar oder technisch unverwendbar ist. Hingegen sind Schlüsse vom Vorhandensein von Ammoniak und salpetriger Säure und von einem vermehrten Gehalte an Chlor und Schwefelsäure auf eine hygienisch nicht einwandfreie Beschaffenheit des Wassers nur bedingt richtig, so, daß man aus der chemischen Analyse allein auf eine Verseuchung oder Verseuchbarkeit eines Wassers nicht schließen kann.[2]

Die jüngere biologische Methode im engeren Sinne oder die bakteriologische, auf die man gleich anfangs große Hoffnungen setzte, hat diese zu großem Teile gerechtfertigt und bildet auch gegenwärtig einen wichtigen Faktor bei der Beurteilung eines Wassers. Sie lehrte erkennen, wo die Gefahr verseuchten

---

[1] Mez C., Mikroskopische Wasseranalyse, Berlin 1898. — Gärtner A., Die Hygiene des Wassers, Braunschweig 1915. — Kruse W., Die hygienische Untersuchung und Beurteilung des Trinkwassers in Weyls Handbuch der Hygiene, Leipzig 1919.

[2] Kruse W., l. c., p. 224 f.

Wassers liegt, sie erfand Methoden zur Erkennung der Infektion und zur Kontrolle der Wirksamkeit aller Maßnahmen. Doch haften auch ihr noch manche Mängel an; stößt doch die Auffindung und Diagnose von Krankheitserregern vielfach auf sehr große Schwierigkeiten — abgesehen von der beträchtlichen Unsicherheit des Schlusses von der beobachteten auf die wirklich vorhandene Bakterienzahl.

In den letzten Jahren beginnt sich eine neue Methode Bahn zu brechen, nämlich die der biologischen Untersuchung im weiteren Sinne. Sie zieht die gesamten in einem Wasser vorhandenen Lebewesen in Betracht und geht von der Tatsache aus, daß gewisse Pflanzen und Tiere in stark verunreinigten Gewässern, andere hingegen nur in reinem Wasser auftreten. Letztere werden als Katharobien, erstere als Saprobien (Poly-, Meso- und Oligosaprobien) bezeichnet. Das geringe Alter dieser Methode bringt es mit sich, daß ihr vorderhand noch mehr Mängel anhaften als ihren beiden älteren Schwestern. So ist z. B. das Wachstum und Gedeihen der in Betracht kommenden Arten vielfach von Verhältnissen abhängig, die uns meist nur recht unvollkommen bekannt sind. Von zwei nahe verwandten Arten kann ferner die eine polysaprob, die andere sogar katharob sein! Diese Methode wird also erst dann zur vollen Geltung gelangen, wenn die Artabgrenzung der betreffenden niederen Organismen weniger schwierig und ihre speziellen Lebensbedingungen besser bekannt sein werden, als es heute noch der Fall ist.

Immerhin wäre sie schon jetzt imstande, die chemische und bakteriologische Methode in willkommener Weise zu ergänzen. Es ist denn auch bereits eine Reihe von Arbeiten erschienen, die sich mit der Mikroflora und -fauna von Leitungen, Wasserwerken[1] und Wasserfiltern befassen. Ich verweise diesbezüglich auf. Ruttner's prächtige Arbeit über die Mikroflora der Prager Wasserleitung[2] und das darin enthaltene Literaturverzeichnis.

Das Wasser von Quellenleitungen wird in der Regel nur auf seinen Bakteriengehalt geprüft — begreiflicherweise, da es sich dabei meist um sehr reines Wasser handelt.

So auch das der Wiener Hochquellenleitung. Es wird wohl seit einer Reihe von Jahren fortlaufend zwei- bis dreimal wöchentlich durch die Untersuchungsstelle des Gesundheitsamtes der Gemeinde Wien am hygienischen Institut der Universität untersucht, doch beschränkt sich diese Prüfung auf die Ermittlung der Keimzahl, des Kolititers und des Prozentsatzes der verflüssigenden Keime. Von ihren Ergebnissen wird im Zusammenhange mit jenen der vorliegenden Arbeit noch zu sprechen sein.

---

[1] De Vries H., Die Pflanzen und Tiere in den dunklen Räumen der Rotterdamer Wasserleitung, Jena 1890.

[2] Ruttner F., Die Mikroflora der Prager Wasserleitung, Archiv der naturwissensch. Landesdurchf. von Böhmen (XIII. Band, Nr. 4).

Eine qualitative Untersuchung auf Bakterien oder sonstige Organismen wurde bisher nicht vorgenommen. Und doch wäre eine solche wünschenswert!

So wäre es z. B. von Interesse zu erfahren, ob in dem so reinen Wiener Leitungswasser außer Bakterien noch andere Lebewesen überhaupt existieren können, und wenn dies der Fall wäre, ob es sich dabei etwa um typische Reinwasser- oder Gebirgsformen handelt, die aus dem Ursprungsgebiet, dem Schneeberg und Hochschwab, stammen, oder um eine besondere lokale Lebensgemeinschaft des Leitungssystems.

Und ließen sich endlich irgendwelche Formen feststellen, so wäre damit eine bequeme Quelle für Objekte zu biologischem Studium und für Anschauungsmaterial in Schulen gefunden.

Aus allen diesen Gründen habe ich es auf Anregung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Hofrates Professor Dr. Hans Molisch, unternommen, die Mikroorganismen des Wiener Hochquellenwassers zu studieren. Eine Untersuchung seiner Bakterien im allgemeinen lag hiebei nicht im Plane der Arbeit, sondern es fanden bloß Eisenbakterien und Purpurbakterien einige Berücksichtigung.

Methode.

I. Filtration.

Zur Gewinnung der Organismen aus dem Leitungswasser standen zunächst jene zahlreichen Methoden zur Verfügung, deren sich die Planktonforscher zu gleichem Zwecke bedienen. Sie alle versagen jedoch angesichts der Aufgabe, sehr reines Wasser auf seinen Organismengehalt zu untersuchen.

Selbst die feinmaschigsten Planktonnetze (Müllergaze Nr. 20) lassen kleinere Organismen durch.

Sorgfältig genähte Beutel aus weißgegerbtem Ziegen- oder Schafleder, wie sie Ruttner bei seiner Arbeit verwendete,[1] haben den Nachteil, daß die filtrierende Fläche im Verhältnis zur Zahl der Mikroorganismen viel zu groß ist.

Endlich war auch die Verwendung der von Lohmann empfohlenen gehärteten Papierfilter[2] und namentlich der Zentrifuge[3] in unserem Falle nicht gut möglich, da in Anbetracht der

---

[1] l. c., p. 4.

[2] Lohmann H., Neuere Untersuchungen über den Gehalt des Meeres an Plankton und über die Brauchbarkeit der verschiedenen Fangmethoden, Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen, VII., Kiel 1903.

[3] Derselbe, Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton, ebenda, X., 1908.

Reinheit unseres Leitungswassers zu große Wassermassen hätten filtriert, beziehungsweise zentrifugiert werden müssen.

Hingegen wurden alle drei Hauptforderungen: Filtration hinreichend großer Wassermengen bei genügender Dichte des Filters und möglichst geringer Ausdehnung der filtrierenden Fläche, gleichmäßig erfüllt, wenn man Läppchen von Rehleder (Sämischleder, Waschleder) mit einem Bindfaden direkt an den Leitungshahn anband.

Nach sieben- bis achtstündigem Filtrieren bei mäßig aufgedrehtem Hahne zeigte sich an dem Leder ein deutlicher kaffee- bis schokoladefarbener Rückstand. Die filtrierende Fläche wurde nunmehr ausgeschnitten, in einem Probierglase mit wenig Wasser ausgeschüttelt, sodann die Aufschwemmung zentrifugiert und der so erhaltene, nunmehr durch Lederfasern hellbraun gefärbte Niederschlag (etwa $^1/_2$ cm^3) mikroskopisch untersucht.

Die in der angegebenen Zeit den Filter passierende Wassermenge berechnete ich annähernd auf 400 Liter.

Im ganzen wurden nach dieser Methode in der Zeit vom Jänner 1913 bis Juni 1914 27 Filtrate untersucht, also in einem Monat (die Hochschulferien ausgenommen) durchschnittlich drei.

Alle Proben wurden einem und demselben Leitungshahne im Pflanzenphysiologischen Institute der Universität in Wien entnommen. Das Wasser gelangt dorthin meistenteils aus dem Schmelzer Reservoir, welches wiederum aus dem Reservoir Rosenhügel gespeist wird und daher gemischtes Wasser der Ersten und Zweiten Kaiser Franz Josef-Hochquellenleitung abgibt.[1]

Unsere oben geschilderte Methode hat zweifellos auch ihre Mängel. Durch Filtrieren überhaupt können gewisse sehr zarte Organismen, hauptsächlich Flagellaten, arg in Mitleidenschaft gezogen werden, so daß sie bis auf undeutbare Reste verschwinden.[2] Etwas störend wirkten ferner bei der mikroskopischen Untersuchung die zahlreichen Lederfasern, die sich beim Ausschütteln des Lederfilters vom Schnittrande lösen und eine sehr sorgfältige Durchmusterung der Präparate erfordern.

---

[1] Über Entstehung, Anlage und Verlauf der I. und II. Kaiser Franz Josef-Hochquellenleitung orientieren folgende Werke:

Stadler R., Die Wasserversorgung der Stadt Wien in ihrer Vergangenheit und Gegenwart, Wien 1873; Riedel J., Die Wasserversorgung Wiens, Wien 1904; Die zweite Kaiser Franz Josef-Hochquellenleitung der Stadt Wien, Eine Gedenkschrift zum 2. Dezember 1910, Wien 1910.

[2] So kam es denn auch, daß bei der Durchforschung der Lunzer Seen durch die dortige biologische Station seit der Einführung der Zentrifuge eine Reihe von Formen gefunden wurde, die bis dahin bei Anwendung von Filtration nicht oder nur in geringer Menge beobachtet worden waren. (Ruttner F., Über die Anwendung von Filtration und Zentrifugierung bei den planktologischen Arbeiten an den Lunzer Seen, Internationale Revue der ges. Hydrobiol. und Hydrogr., Bd. II, Leipzig 1909.

Dank dem Entgegenkommen der städtischen Behörden war ich im Juni 1914 auch in der glücklichen Lage, ein Reservoir zur Zeit der jährlich einmal stattfindenden Reinigung, zu deren Durchführung das Wasser abgelassen wird, besichtigen zu können. Und zwar war dies das Schmelzer Reservoir, welchem ja, wie bereits erwähnt, die untersuchten Wasserproben entstammten.

Der weite, kühle Raum der eigentlichen Wasserkammer, in den durch kreisrunde Licht- und Luftschächte des Deckengewölbes ein schwaches Dämmerlicht einfällt, zeigte an der Wassersohle einen etwa 1 *cm* hohen, braunen, feinschlammigen Belag, dem ich einige Proben entnahm.

II. Kulturversuche.

1. Bei seiner Untersuchung der Flora der Budapester Wasserleitung bediente sich Istvanfii[1] großer, sterilisierter Glasgefäße, die mit dem zu untersuchenden Wasser gefüllt und durch längere Zeit im Lichte stehen gelassen wurden. Die an Wand und Boden sich entwickelnde Flora wurde untersucht.

Ruttner[2] wies auf die Mängel dieses Verfahrens hin, die darin gelegen sind, daß wohl nur ein kleiner Teil der in Frage kommenden Mikroorganismen unter den willkürlichen Bedingungen am Leben bleibt oder gar sich vermehrt.

Immerhin könnte diese Methode in etwas modifizierter Weise doch bei dem einen oder anderen Organismus, der bei der direkten Untersuchung etwa ganz vereinzelt aufgefunden wird, zu einer Anreicherung führen, die seine sonst oft schwierige oder unmögliche Artbestimmung wesentlich erleichtert.

Deshalb wurden zunächst für etwa vorhandene Algen drei Kolonnen von Nährlösungen aufgestellt.

1. Kolonne (Februar 1913): Je drei sterile Erlenmayerkölbchen wurden mit 200 cm^3 einer Lösung von KNO_3, beziehungsweise KH_2PO_4, K_2HPO_4, $Ca_3(PO_4)_2$, KCl, NaCl, $MgSO_4$, Knop's Nährlösung (sauer und basisch) und Leitungswasser $+ KNO_3 + KH_2PO_4$ angefüllt. Die Konzentration betrug 0·02%.

2. Kolonne (Mai 1913): Wiederholung der ersten.

3. Kolonne (März 1914): Eine Reihe von je drei gleichen Kölbchen wurde mit je 200 cm^3 einer 0·02% Knop'schen Nährlösung (basisch und sauer), beziehungsweise mit Leitungswasser $+ KH_2PO_4 + KNO_3$, eine zweite Reihe mit den gleichen Nährlösungen gefüllt, doch betrug die Konzentration 0·2%.

---

[1] v. Istvanffi G., Die Vegetation der Budapester Wasserleitung, Bot. Zentralblatt, LXI., 1895.

[2] l. c., p. 2.

Das eine Kölbchen jeder dieser Nährlösungen impfte ich mit 1 *cm*³, das zweite mit 10 *cm*³ Leitungswasser, das dritte endlich mit dem auf dieselbe Weise wie zur direkten mikroskopischen Untersuchung gewonnenen Filterrückstand. Lösungen und Gefäße wurden in üblicher Weise sterilisiert.

2. Die mikroskopische Untersuchung des Filterrückstandes hatte es wahrscheinlich gemacht, daß im Leitungswasser die weitverbreitete Ockerbakterie *Chlamydothrix (Leptothrix) ochracea* vorkomme, es war daher der Gedanke naheliegend, die von Molisch[1] gegebene Methode der Kultur dieser interessanten Eisenbakterie zur Stütze des mikroskopischen Befundes heranzuziehen.

Es wurden also in einem ersten Versuche (Dezember 1913) zwei Litergefäße mit in frischem Leitungswasser gelöstem Manganpepton (0·25 $^0/_0$) gefüllt, ferner je zwei gleiche Gefäße, enthaltend Manganpepton (0·25 $^0/_0$) + Torfwasser (Absud eines faustgroßen Torfziegels) mit 1 *cm*³, beziehungsweise 10 *cm*³ Leitungswasser, beziehungsweise mit Filterrückstand geimpft.

Im Februar 1914 wurde dieser Rohversuch in Erlenmayer-Kölbchen unter Anwendung aller bakteriologischen Vorsichtsmaßregeln wiederholt.

Ein drittesmal endlich (März 1914) füllte ich vier sterile Kölbchen (200 *cm*³) mit frischem Leitungswasser und setzte sterile Manganpeptonlösung zu, während vier weitere Kölbchen, enthaltend je 200 *cm*³ steriler Manganpeptonlösung (0·25 $^0/_0$), mit Filterrückstand geimpft wurden.

3. Zum Nachweise etwa vorhandener Keime von Purpurbakterien bediente ich mich des gleichfalls von Molisch[2] gefundenen, sehr einfachen Kulturverfahrens. Von zwei etwa einen Meter langen, vier Zentimeter dicken Glasröhren wurde die eine mit etlichen Weinbergschnecken, die andere mit einigen Regenwürmern beschickt, beide sodann sterilisiert, mit Hochquellenwasser angefüllt und darüber 1 *cm* hoch steriles Rizinusöl aufgeschichtet. (Dezember 1913).

Bei einem späteren Kontrollversuche (Juli 1920) war der Vorgang der gleiche, nur wurden als organische Substanz Teichmuscheln (*Anodonta* sp.) verwendet.

---

[1] Molisch H., Die Eisenbakterien, Jena 1910, p. 32 f.

[2] Molisch H., Die Purpurbakterien nach neuen Untersuchungen, Jena 1907, p. 4 f.

Die Organismen des Leitungswesens.

I. Resultat der mikroskopischen Untersuchung des Filterrückstandes.

1. Pflanzliche Organismen.

Eisenbakterien: Wohl in jedem Präparate war eine Fadenbakterie zu finden, deren meist recht kurze und unverzweigte Fäden häufig farblos, aber auch heller bis dünkler gelb, selbst dunkel rostbraun gefärbt waren, einzeln oder in kleinen Räschen auf Rostbröckchen saßen und eine deutliche Scheide mit zylindrischen Zellen aufwiesen. Bei genügender Länge der Fäden ließ sich ein Gegensatz zwischen Basis und Spitze feststellen. Bisweilen saßen auf dickeren, gelb gefärbten Scheiden kleine, farblose Fäden rechtwinkelig auf. Alle Merkmale dieser Fadenbakterie wiesen auf *Chlamydothrix ochracea* hin, nur sind in unserem Falle die Fäden meist recht kurz, offenbar Kümmerformen, denen die Reinheit unseres Leitungswassers nicht recht zusagt.

Wenngleich dieser Organismus, wie erwähnt, in fast jedem Präparate zu finden war, so trat er doch nur sehr spärlich auf.

Eine andere Eisenbakterie, den berüchtigten Brunnenfaden *(Crenothrix polyspora)*, der durch üppiges Wuchern und dadurch bedingte Verstopfung der Wasserleitungsröhren schon in so manchen Städten arge Kalamitäten hervorgerufen hat, konnte ich nur ein einziges Mal beobachten. Es handelte sich um einen offenbar nur zufällig in das Leitungssystem hineingeratenen längeren und dickeren Faden mit den für diese Bakterie charakteristischen Mikrogonidien im oberen Teile.

Gleichfalls nur ein einziges Mal begegnete ich einer dritten Eisenbakterie, der zuerst von Schorler in einem Dresdener Wasserwerke entdeckten und später auch von Molisch und Ruttner in der Prager Wasserleitung gefundenen *Clonothrix fusca*. Ich fand sie in einer Leitungswasserprobe aus Hietzing vor, welche ich einem Freunde verdankte, dem damals eine vorübergehende Braunfärbung des Leitungswassers aufgefallen war. Die Dicke der Zellen, die Inkrustation der Scheiden mit Eisenoxydhydrat, die regelmäßige Scheinverzweigung, kurz alle Merkmale stimmten vollkommen mit der von Schorler[1] gegebenen Beschreibung überein.

Möglicherweise sind gewisse farblose, spärlich verzweigte, dickere Fäden, die ich — sehr selten — zwischen den oben erwähnten *Chlamydothrix*-Räschen beobachtete, nichts anderes als junge *Clonothrix*-Fäden. Sicheres läßt sich darüber schwer aussagen, da ja Scheinverzweigungen auch bei *Chlamydothrix ochracea*, wenn auch nur selten, auftreten und weiters junge, daher kurze, noch nicht verzweigte *Clonothrix*-Fäden von solchen der *Chlamydothrix* wohl kaum zu unterscheiden sind.

---

[1] Schorler B., Beiträge zur Kenntnis der Eisenbakterien, Zentralbl. f. Bakt.- u. Parasitk., II. Abt., XII, 1904.

Endlich fand ich in vier aufeinanderfolgenden Proben vereinzelt kurze (vier- bis fünfzellige), schwarzbraune, einfache Fädchen von *Gallionella ferruginea.*

In den Proben des Schmelzer Behälters hingegen war diese Art viel häufiger vertreten, und zwar sowohl in kurzen als auch in längeren Fäden, bald schmäler, bald dicker, bald lichter, dann wieder fast schwarzbraun gefärbt, einfach und in Zopfform. Daneben war auch hier *Chlamydothrix ochracea* zu beobachten, deren Fäden aber meist kräftiger und länger, auch stärker inkrustiert waren als die aus dem Leitungswasser filtrierten. *Clonothrix* und *Crenothrix* fehlten hier ganz.

Algen fanden sich zwar ebenfalls fast in jeder Probe (in 23 von insgesamt 27), stets aber sehr vereinzelt und meist bereits abgestorben, was ihre Bestimmung vielfach erschwerte oder gar unmöglich machte.

Aus später zu erörternden Gründen war eine fortlaufende Zählung der Organismen zwecklos und unterblieb daher. Folgende rohe Schätzung vermag aber immerhin vielleicht einen Begriff davon zu geben, wie gering die Zahl der unter den wenigen Organismen relativ noch am häufigsten auftretenden *Diatomeen* war.

Durchschnittlich wurden bei einer Filtration 400 *l* Wasser filtriert. In einem speziellen Falle wurden in Präparaten von 0·1 cm^3 des in 1 cm^3 suspendierten Filterrückstandes zwei bis vier Diatomeen gezählt, woraus sich für 400 *l* 20 bis 40 Individuen ergeben. Gewiß eine sehr geringe Zahl! Sie dürfte — soweit sich dies nach dem Augenschein, ohne exakte Messung, beurteilen läßt — keiner nennenswerten Schwankung unterliegen.

Im folgenden seien die wenigen Arten angeführt:

Cymatopleura Solea (Panzer und lebend),
Pinnularia sp. » » »
Nitzschia linearis » » »
Ceratoneis Arcus (Panzer),
Navicula sp. (Panzer und lebend),
Meridion circulare (Panzer),
Synedra Ulna (Panzer und lebend),
Nitzschia sigmoidea (Panzer),
Cocconeis sp. »
Diatoma vulgare »
Eunotia sp. »

Die beiden ersten Arten begegneten mir am »häufigsten«, nämlich in fünf (von insgesamt 27) Proben, die letzteren vier nur je ein einziges Mal.

Die Proben aus dem Schmelzer Behälter enthielten nur sehr vereinzelt *Synedra Ulna* und *Nitzschia linearis.*

An Desmidiaceen beobachtete ich fünf Arten in je einem einzigen Exemplar. Die charakteristischen Schalen von *Tetmemorus laevis* waren nicht zu verkennen, die übrigen Formen kann ich jedoch nicht als einwandfrei identifiziert hinstellen, da sie, wie erwähnt, nur in einem Exemplar vorlagen und Chromatophoren sowie Pyrenoide zerstört waren. Form und Skulptur der Schalen wiesen auf *Cosmarium angustatum* und *reniforme*, *Closterium Cynthia* und *Pleurotaeniopsis incisa* hin.

Die Chlorophyceen waren in fünf Proben durch einzeln auftretende, kurze Fadenfragmente einer *Ulothrix* und durch ein sechzehnzelliges Zönobium des niedlichen *Coelastrum microporum* vertreten.

Armzellige Bruchstücke einer *Oscillaria*-Art waren die einzigen Vertreter von Blaualgen.

Im übrigen beobachtete ich in den Filtraten wie in den Reservoirproben nur Reste von höheren Pflanzen, wie sie sich gewöhnlich auch im Aeroplankton finden, z. B. Moosrhizoide, Pilzhyphen und -sporen, Holzzellen, Gefäßreste, Stärkekörner, ein Trachelomonasgehäuse und endlich relativ häufig (in neun Proben), selbst im Winter, Koniferenpollen.

2. Tierische Organismen.

Ist schon die Flora unserer Leitung an Art- wie an Individuenzahl sehr arm, so gilt dies in noch viel höherem Grade von ihrer Fauna. Sie beschränkt sich auf zwei Gruppen.

In etwa zwei Drittel aller Proben stellte ich Gehäuse monothalamer Rhizopoden fest, die wieder nur vereinzelt auftraten und meist leer waren, nur selten noch spärliche Plasmareste aufwiesen.

Relativ noch am häufigsten waren es die zierlichen, gefelderten Gehäuse von *Euglypha alveolata*, seltener die bestachelten der *Centropyxis aculeata* und einer zarten *Arcella.* — Im Schmelzer Behälter fand sich daneben noch das unsymmetrische Skelett einer Art, die ich für *Cyphoderia margaritacea* halte.

Soviel Mühe und Geduld es bei allen bisher genannten Organismen wegen ihrer Kleinheit und ihres vereinzelten Auftretens erforderte, sie in dem dichten Filzwerk der Lederfasern des Filterrückstandes ausfindig zu machen, so leicht wurde dies bei dem Vertreter der zweiten Tierfamilie, der sich bald durch ungebärdiges Zappeln und Umherschlagen bemerkbar machte. Es war dies ein *Nematode* von einer Länge bis über 300 μ, der sich in der Hälfte aller Filterproben und auch im Behälter vorfand, lebend wie tot und höchstens ihrer zwei bis drei in einem Präparat, also schätzungsweise 20 bis 30 Individuen in 400 Litern. Leider gelang es mir nicht, ihn auch nur annähernd zu bestimmen. Handelt es sich doch bei Süßwassernematoden um ein schwieriges, noch wenig bearbeitetes Kapitel.

Im übrigen beobachtete ich nur ab und zu Überreste von Rotatorien und Insektenlarven, Anhänge von Kopepoden und Daphniden, sowie Schmetterlingsschuppen.

II. Die Organismen der Kulturen.

1. Chlamydothrix ochracea.

Nur in einem einzigen Gefäße (Manganpepton in Leitungswasser) von insgesamt sechs Kulturen des Rohversuches (p. 6) entwickelten sich nach zehn Tagen am Wasserspiegel die gelben Räschen dieser Fadenbakterie.

In der zweiten Versuchsreihe waren es auch nur zwei Gefäße des gleichen Inhalts, in denen ich durch die Deckglasmethode,[1] d. h. nach Berührung des Wasserspiegels mit einem Deckglase, zahlreiche *Chlamydothrix*-Fäden feststellen konnte. Nach weiteren drei Wochen bildeten sich bereits üppige, schwarzbraune Räschen.

In sämtlichen übrigen Kulturen der zweiten und in jenen der dritten Kolonne jedoch fand nirgends eine Entwicklung der Ockerbakterie statt!

Es erschien befremdlich, daß dieser Organismus in so wenigen (12·5%) und gerade nur in solchen Kulturen aufging, in denen das Manganpepton direkt frischem Leitungswasser zugesetzt worden war, während in allen Gefäßen, deren Nährlösung mit dem Rückstande einer $7^1/_2$stündigen Filtration geimpft wurde, wo also die Keime viel dichter und zahlreicher vorhanden sein mußten, keine Spur von einer Entwicklung zu beobachten war. Dabei konnte ich doch nicht nur in jeder Probe, sondern auch fast in jedem mikroskopischen Präparate des Filterrückstandes die Fäden dieser Bakterie finden!

Winogradsky[2] verschaffte sich Rohkulturen von *Chlamydothrix ochracea*, indem er in 50 *cm* hohe Standgläser eine Handvoll mazeriertes und in viel Wasser abgekochtes Heu tat, darauf etwas frisch gefälltes Eisenoxydhydrat schüttete und das Glas mit Brunnenwasser auffüllte.

Bei Anwendung dieser Methode erhielt ich tatsächlich 5 *mm* dicke, braunschwarze Kahmhäute vorwiegend von *Chlamydothrix ochracea.*

---

[1] Molisch H., l. c., p. 14.

[2] Winogradsky S., Über Eisenbakterien, Botan. Zeitung. 1888, p. 263.

Nun hatte Molisch bei seinen Kulturversuchen mit Manganpepton, die ihm in Prag stets glückten, in Wien anfänglich mit Mißerfolgen zu kämpfen.[1] Schließlich kam der genannte Forscher darauf, daß die Ursache wahrscheinlich in der wechselnden Zusammensetzung des käuflichen Manganpeptons liegt. Angesichts des Nachweises der *Chlamydothrix* in den Filterproben und des Erfolges mit Winogradsky's Rohkulturmethode bin ich geneigt, für den Mißerfolg bei einem Teil meiner Manganpeptonkulturen die gleiche Ursache geltend zu machen.

2. Purpurbakterien.

Die beiden Röhren des ersten Versuches zeigten, da sie im Winter zur Aufstellung gelangten und Purpurbakterien zu üppigerem Wachstum bekanntlich kräftiger Lichtintensität bedürfen, erst nach drei Monaten eine lichte Färbung ihres Inhalts, die sich allmählich in der einen (Nährsubstanz Regenwürmer) zu tiefem Blutrot, in der anderen (Schnecken) zu schönem Violett steigerte.

Schneller schritt die Entwicklung in den Röhren des zweiten Versuches vor, die ja auch im Sommer geimpft worden waren. Ihr Inhalt leuchtete bereits nach einem Monat dunkel blutrot.

Alle vier enthielten ein Purpurbakteriengemisch, und zwar Arten der Gattungen *Rhodococcus*, *Rhodobacillus* und *Rhodospirillum*, die beiden ersterwähnten überdies noch Formen mit Schwefelkügelchen in ihrem Zellinhalt und mit Schleimhüllen, wie sich bei Anwendung von Tusche ergab, also *Thiorhodaceae*.[2]

3. Algen.

Die ohnehin nur geringe Hoffnung, den direkten Untersuchungsbefund indirekt durch Algenkulturen zu ergänzen, und die darauf verwendete Zeit und Mühe wurden wenig belohnt. Wohl fand in rund 34% der 78 Kölbchen, und zwar in 20% der ersten, in 43% der zweiten und in 38% der dritten Kolonne eine Entwicklung statt.[3] Und diese hätte sich ja auf noch mehr Kulturen erstreckt, wenn nicht einige der Nährlösungen (z. B. KCl, NaCl, $MgSO_4$) wenig aussichtsreich gewesen und nur aus ernährungsphysiologischem Interesse gewählt worden wären.

Aber mit den meisten dieser Algen — es waren durchwegs Einzeller der niedrigststehenden Gruppen — machte ich dieselben

---

[1] Molisch H., l. c., p. 38.

[2] Molisch H., l. c., p. 27 f.

[3] Die verschieden reichliche Entwicklung in den drei Serien erklärt sich zwanglos aus der verschiedenen Aufstellungszeit (1. Serie Februar, 2. Serie Mai, 3. Serie März), die ja sowohl auf die im Leitungswasser vorhandene Keimzahl als auch auf die Entwicklung in den Kulturen von Einfluß sein mußte. Überdies wurde bei der dritten Serie eine Reihe von nicht oder minder bewährten Nährlösungen fortgelassen.

Erfahrungen wie Istvanffi[1] mit seinen Kulturen bei der Untersuchung der Budapester Leitungsflora: sie zeigten ein kränkliches Aussehen, waren vielfach blaß oder ganz farblos, wohl infolge von Teilungshemmung der Chromatophoren, wie sie bei Algenkulturen häufig zu beobachten ist; ernährungsphysiologische Varianten oder pathologische Formen. Zu allem Überfluß handelte es sich, wie erwähnt, ausschließlich um Vertreter von primitiven Gruppen *(Tetrasporaceae, Protococcaceae, Scenedesmaceae)*, deren Artabgrenzung noch sehr unsicher ist und, soll sie einwandfrei geschehen, langwierige Reinkulturen erfordert.

Es waren in der Mehrzahl kugelige, chlorellaähnliche Formen und ovale Zellen vom Habitus der *Coccomyxa*. Im übrigen erkannte ich *Stichococcus bacillaris*, *Scenedesmus quadricauda*, *Dictyosphaerium pulchellum* und *Gloeocystis* sp.

Auch eine Diatomee, und zwar eine winzige *Fragilaria*, entwickelte sich in einem der Kölbchen, in einem anderen ein üppiges Moosstämmchen, das aber nicht bis zur Fruktifikation gedieh.

Der Umstand, daß in rund 34% der Kulturen eine Entwicklung stattfand und in vier Fällen, also 5%, sogar nach Impfung mit 1 cm^3 Leitungswasser, läßt den Schluß zu, daß relativ nicht wenig Algenkeime im Leitungswasser vorhanden sind. Daß ich solchen bei der direkten mikroskopischen Untersuchung nur so selten begegnete, erklärt sich aus ihrer Kleinheit im Vereine mit der durch die Lederfasern bedingten Erschwerung der Durchmusterung.

Die Frage der Periodizität.

Eine Schwankung im Auftreten der Organismen der Individuen- und Artzahl nach zu verschiedenen Jahreszeiten, eine Periodizität, konnte nur insofern beobachtet werden, als die Algen, wie zu erwarten war, in der günstigen Jahreszeit mehr in den Vordergrund traten. Es wäre aber denkbar, daß diese Periodizität durch eine exakte quantitative Methode deutlicher zum Ausdruck käme.

Eine solche quantitative Untersuchung begegnet aber in unserem Falle großen Schwierigkeiten. Es wäre dazu vor allem eine Messung der jeweils filtrierten Wassermenge nötig. Nun fließt aber das Wasser zu Beginn der Filtration in mäßigem Strahle, um dann immer schwächer und schwächer zu rinnen, bis es schließlich nur mehr fadendünn rieselt. Dieser Augenblick tritt bald früher, bald später ein, je nach der Dichte der zur Filtration verwendeten Lederfleckchen und der wechselnden Menge der vom Wasser mitgeführten Rost- und Mineralpartikelchen. Man könnte also bestenfalls nur mit sehr ungenauen Mittelwerten rechnen.

---

[1] S. p. 115.

Weiters sind aber auch die zur Untersuchung gelangenden Proben infolge der vielen Lederfasern aus dem Filter quantitativ unmöglich zu prüfen, da sicherlich so mancher der ja meist sehr kleinen Organismen der Beobachtung entgeht. Für die qualitative Untersuchung hat dies nicht viel zu bedeuten, weil kaum anzunehmen ist, daß jedesmal gerade dieselbe Art dem Auge des Beobachters sich entziehen sollte; wohl aber für die quantitative.

Alle diese Mängel fallen aber um so schwerer ins Gewicht, als ja die Zahl der Lebewesen in einem Präparate schon an und für sich eine sehr geringe war. Es würden also die durch die geschilderten Mängel bedingten Fehler sicherlich ein Mehrfaches der wirklich vorhandenen Organismenzahl betragen.

Ganz anders steht aber der Sachverhalt, wenn man zur Entscheidung der Frage der Periodizität die Bakterien heranzieht. Es war von vornherein zu erwarten, daß diese, wenn auch in absolut geringer, so doch im Vergleich zu den übrigen Organismen in bedeutenderer Zahl im Leitungswasser vorhanden sein dürften. Ein Einblick in die Protokolle der Untersuchungsstelle des Gesundheitsamtes der Gemeinde Wien am hygienischen Institute der Universität, der mir leider erst nach Beendigung der vorliegenden Arbeit möglich war, bestätigte diese Vermutung vollauf. Diese Untersuchungen finden, wie bereits erwähnt, fortlaufend zwei- bis dreimal in der Woche statt, erstrecken sich sowohl auf gemischtes Wasser der Ersten und Zweiten Hochquellenwasserleitung als auch auf das der Zweiten allein und haben zum Gegenstand die Ermittlung der Keimzahl in 1 *cm*^{3} des Kolititers nach dem besonderen Verfahren von Krombholz[1] für 100 *cm*^{3} und in letzter Zeit auch die des Prozentsatzes der verflüssigenden Keime. Uns interessieren hier bloß Keimzahl und Kolititer des gemischten Wassers in den Jahren 1913 und 1914.

Die Keimzahl schwankte 1913 pro Kubikzentimeter zwischen 3 und 1110; der Jahresdurchschnitt berechnet sich aber bloß auf 95, während der Kolititer (100 *cm*^{3}) von 0 gelegentlich auf 444 und darüber steigt, der Jahresdurchschnitt jedoch nur 25 beträgt.

Für das Jahr 1914 lauten die betreffenden Zahlen: Keimzahl 0 bis 1250, Durchschnitt 64; Kolititer 0 bis über 444, Durchschnitt 30.

Die meist geringeren Zahlen — am geringsten sind sie in trockenen, frostigen, dabei schneearmen Wintern — zeigen nun bisweilen einen jähen Anstieg, um dann aber wieder ebenso rasch herabzusinken. Diese Erscheinung tritt nun regelmäßig in nassen Zeiten, also zur Zeit der Schneeschmelze und der sommerlichen Regengüsse auf und wurde auch sonst bei vielen Quellen beobachtet; namentlich bei solchen in zerklüftetem, spaltenreichem Kalkgestein[1] wie in unserem Falle. Sie ist auf die mangelhafte Filtrationskraft des Bodens im Tributärgebiet zurückzuführen.

---

[1] Krombholz E., Über Keimzählung mittels flüssiger Nährböden mit besonderer Berücksichtigung des Kolititerverfahrens, Archiv für Hygiene, Bd. 84, p. 151, Bd. 85, p. 117, Bd. 88, 5. und 6. Heft.

Interessant ist dabei eine gewisse Ungleichmäßigkeit der sich sonst meist parallel ändernden Keimzahlen und des Kolititers zu diesen Zeiten, indem sich nämlich der Kolititer zur Zeit der sommerlichen Regengüsse absolut wie auch relativ (im Verhältnis zum allgemeinen Keimgehalt) höher erweist als in der Zeit der Schneeschmelze.[2]

Auf dieselbe Ursache wie der zeitweilige jähe Anstieg von Keimzahl und Kolititer, nämlich mangelhafte Filtrationskraft des Bodens im Ursprungsgebiet, ist nun auch eine andere, auf den ersten Blick befremdliche Tatsache zurückzuführen: daß nämlich fast alle von mir gefundenen Organismen, soweit sie bestimmt werden konnten, in jedem Graben oder Tümpel, also in mehr minder verunreinigten Gewässern anzutreffen und daher als Saprobien zu bezeichnen sind. Nur *Ceratoneis Arcus* scheint klare Gebirgswässer zu bevorzugen.

Hält man sich nun die außerordentliche Armut unseres Trinkwassers an organischer Substanz und die Tatsache vor Augen, daß, von den Bakterien abgesehen, die gefundenen Formen vielfach abgestorben sind, so gelangt man zur Anschauung, daß sie nicht erst aus vereinzelten Keimen im Leitungssystem entstanden sind, sondern eben erst durch Spalten und Klüfte des Gesteins bei Regengüssen und Schneeschmelze in das Wasser gelangen, wo sie aber mangels zusagender Lebensbedingungen bald zugrunde gehen.

Diese Ansicht wird wesentlich gestützt durch die oben kurz angeführten Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung.

Zusammenfassung.

Das Wiener Leitungswasser wurde bisher in biologischer Beziehung nur auf Bakterien geprüft. Die vorliegende Arbeit setzt sich das Ziel, zu untersuchen, ob in dem so reinen Wiener Leitungswasser außer Bakterien noch andere Lebewesen überhaupt vorkommen und existieren können; und wenn dies der Fall wäre, ob es sich dabei etwa um typische Reinwasser- oder um Gebirgsformen handelt, die aus dem Ursprungsgebiet, dem Schneeberg und Hochschwab stammen, oder um eine besondere lokale Lebensgemeinschaft des Leitungssystems.

---

[1] Kruse W., l. c., p. 196. — Gärtner A., l. c., p. 266.

[2] Krombholz E., l. c., Bd. 88, p. 266.

1. Von Eisenbakterien treten *Chlamydothrix ochracea* und ganz vereinzelt *Gallionella furruginea* auf. *Crenothrix polyspora* und *Clonothrix fusca* konnten nur je ein einziges Mal beobachtet werden. Die erfreulicherweise so geringe Entwicklung von Eisenbakterien hat ihre Ursache wohl in der großen Armut des Wassers an organischen Substanzen.

2. Der Nachweis von Purpurbakterien braucht ganz und gar nicht wunderzunehmen. Es handelt sich jedenfalls nur um ganz vereinzelte Keime, wie sie sich ja auch sonst überall vorfinden und zu halbwegs üppigem Gedeihen nur dann gelangen, wenn alle erforderlichen Bedingungen, nämlich organische Substanz, Licht und Sauerstoffmangel, zusammentreffen.

3. Kieselalgen finden sich wohl zu jeder Zeit, jedoch nur in ganz wenigen Arten und Individuen vor, sonstige pflanzliche Organismen ganz vereinzelt und in spärlichen Resten.

4. Von Tieren treten — wieder nur sehr vereinzelt — etliche Rhizopodenarten und ein Nematode auf.

5. Die Organismen sind zu großem Teile abgestorben.

6. Sie dürften alle bis auf die Eisenbakterien erst sekundär, etwa durch Niederschläge oder Schmelzwässer infolge mangelhafter natürlicher Filtration, in das Quellwasser gelangen.

7. Diese Anschauung findet ihre Bestätigung in den Ergebnissen der bakteriologischen Untersuchung.

Zum Schlusse sei es mir erlaubt, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Hofrat Professor Dr. Hans Molisch meinen tiefergebenen Dank auszusprechen für das hilfsbereite Wohlwollen, das er meiner Arbeit in Rat und Tat zuteil werden ließ.

Herzlichen Dank schulde ich auch Herrn Dozenten Dr. Krombholz für so manche wertvolle Mitteilung und den Herren des Städtischen Gesundheitsamtes für ihr Entgegenkommen bei der Einsichtnahme in die bakteriologischen Untersuchungsprotokolle.

Ein Beitrag zur Kenntnis der Cytologie von *Tuber aestivum* Vitt.

Von

Bruno Schussnig

(Mit 1 Tafel und 3 Textfiguren)

Vorgelegt in der Sitzung vom 12. Mai 1921

Im Nachlasse des im Jahre 1914 verstorbenen Botanikers J. Brunnthaler fand sich mit Flemming gut fixiertes Material von *Tuber aestivum.* Fräulein Stephanie Herzfeld hatte die Freundlichkeit, von demselben Mikrotomschnitte herzustellen, die ich Ende des Jahres 1915 zwecks Untersuchung übernahm. Ich mußte jedoch aus äußeren Gründen meine Untersuchung wiederholt unterbrechen, so daß ich erst in den letzten Monaten dazu kam, mich dieser Arbeit endgültig zu widmen. Trotz der vielen Mängel, die diesem zu ganz anderen Zwecken gesammelten Material anhaften, will ich nicht zögern, die erzielten Resultate zu veröffentlichen, da sie immerhin eine ganze Reihe von interessanten Tatsachen enthalten, aber auch aus dem Grunde, weil bei der derzeitigen enormen Teuerung aller notwendigen Laboratoriumsbehelfe an eine erschöpfende Bearbeitung dieser Pilzgruppe nicht gedacht werden kann. Die Bestimmung der Art verdanke ich Herrn Professor V. Schiffner, wofür ich ihm auch an dieser Stelle meinen Dank ausdrücke.

Über die Morphologie der Tuberaceen sind wir durch die mustergültigen Untersuchungen von Tulasne, Hesse, de Bary, Ed. Fischer und Bucholtz u. a. genau unterrichtet. Besonders die Arbeiten Ed. Fischers haben uns in äußerst überzeugender Weise über die entwicklungsgeschichtlichen und verwandtschaftlichen Verhältnisse dieser Pilzgruppe aufgeklärt. Dagegen konnte ich nirgends in der mir zugänglichen Literatur Angaben über die feineren Vorgänge, die sich vor und nach der Ascusbildung abspielen, finden, weshalb ich gerade auf diese Verhältnisse meine besondere Aufmerksamkeit lenkte. Über die dabei erzielten Untersuchungsergebnisse will ich im folgenden berichten.

Das Mycel des Fruchtkörpers in den sterilen Anteilen besteht aus kurzgegliederten, einkernigen Hyphen von durchschnittlich 2 μ Dicke. In den das Hymenium tragenden Innenbalken, den sogenannten »venae internae«, zeigt das Hyphengeflecht ein dichtes, plektenchymartiges Gefüge, was zur Folge hat, daß, besonders in dünnen Mikrotomschnitten, der Verlauf der einzelnen Hyphenzellen kaum oder überhaupt nicht zu verfolgen ist. Die Zwischenräume zwischen den Hymenialflächen, deskriptiv unter dem Namen der »venae externae« bekannt, werden von einem lockeren Geflecht von ganz unregelmäßig verlaufenden, vielfach verzweigten und miteinander anastomosierenden Hyphenzellen erfüllt, die in der Regel ebenfalls einkernig sind. Nur hie und da findet man auch zweikernige Zellen, eine Erscheinung, die wohl darauf zurückzuführen sein dürfte, daß sich die zwei Nuclei knapp nach der Karyokinese vor der Bildung einer trennenden Zellwand befinden. An den Stellen, wo ein Hyphenzweig dieses Geflechtes frei in den Raum der venae externae endet, kann die Endzelle eine Verdickung erfahren, wodurch dieselbe eine keulige Gestalt annimmt. Die Kerne der vegetativen Mycelzellen messen 1·6 μ im Durchmesser, sind stark chromatinhältig, wobei die Chromatinsubstanz in Form von mehr weniger großen Körnchen verteilt ist, und führen stets ein wenn auch nicht immer sehr deutlich sichtbares Binnenkörperchen, von dem später noch die Rede sein wird.

An der Peripherie der venae internae kommt die Hymenialschicht zur Ausdifferenzierung, ohne sich jedoch vom vegetativen Gewebe scharf abzuheben. In dieser liegen die Asci, entweder einzeln oder in Gruppen von zwei bis mehreren zusammen. Sie besitzen eine mehr weniger rundliche bis längliche Gestalt mit unregelmäßig verlaufenden Konturlinien und werden von einer relativ dicken Membran umhüllt. Die Membrandicke dürfte allerdings in dem von mir untersuchten Materiale infolge der Einwirkung der Härtungsreagentien eine Steigerung erfahren haben (vgl. Tafel, Fig. 8). Zwischen den Asci, also im Gewebe der Hymenium führenden Fruchtkörperlamellen, und zwar immer parallel mit der Hymenialschichte, wird das sterile Hyphengeflecht von weitlumigen, ungefähr zwei- bis dreimal so dicken Fäden durchzogen. Sie zeigen ebenfalls einen unregelmäßigen, hin- und hergewundenen Verlauf, weshalb es im Schnitt nicht möglich ist, sie in ihrer Kontinuität zu verfolgen. In der Nähe der Ascusregion werden diese Hyphen durch ihre reiche und dichte Verzweigung sowie durch ihre immer stärker werdende Tingierbarkeit ganz besonders auffallend, so daß der Gedanke nahe lag, daß es sich um Elemente mit besonderer Funktion handle. Die weiteren Untersuchungen ergaben, daß die genannten Fäden die ascogenen Hyphen sind, wodurch die Annahme Ed. Fischers und Bucholtzs eine Bestätigung findet.

Außer den ascogenen Hyphen findet man noch eine besondere Art von Hyphen, die infolge ihrer eigenartigen histologischen Differenzierung Erwähnung verdienen. Sie sind durch ihre intensive

Färbung ausgezeichnet, welche jedoch nicht etwa auf einer starken Aufspeicherung des Farbstoffes (Heidenhein'sches Eisenhämatoxylin) im Zellinhalt beruht, sondern der Farbstoff wird von einer besonderen Substanz festgehalten, mit welcher die Membran dieser Hyphenzellen inkrustiert ist. Die Dicke dieser Fäden ist gleich derjenigen der gewöhnlichen vegetativen Hyphen oder vielleicht um eine Spur größer, was auf die Inkrustation ihrer Membranen zurückzuführen ist. Offenbar handelt es sich um jene Hyphenelemente, wie sie Bucholtz auch bei *Tuber excavatum* Vitt. gesehen und als »Harzhyphen« bezeichnet hat. Allerdings ist die spezifische Funktion dieser Hyphen bis heute noch unbekannt.

Damit ist die histologische Differenzierung im Fruchtkörper von *Tuber aestivum*, soweit ich es beurteilen kann, erschöpft. Es wäre nur noch hinzuzufügen, daß gegen die Peripherie des Fruchtkörpers das vegetative Hyphengeflecht allmählich in eine breite, parenchymatische Rindenschicht übergeht, deren Zellelemente mit einer dicken, festen Membran von brauner Farbe versehen sind, eine Färbung, die selbst nach allen Prozeduren der Mikrotomtechnik erhalten bleibt und auch nicht durch den angewendeten Farbstoff verdeckt wird.

Das *Tuber*-Material, das mir zur Verfügung gestanden ist, war bereits erwachsen und im reifen Zustand, d. h. der Fruchtkörper hatte schon zahllose Asci der verschiedensten Größenordnung entwickelt und diese befanden sich wieder in verschiedenen Stadien der Ascosporenbildung. Ein Blick in ein Schnittpräparat zeigt daher sofort, daß der Prozeß der Ascus-, beziehungsweise Sporenbildung im Augenblick der Fixierung sich noch im Gange befand, so daß Aussicht bestand, wenigstens bis zu einem gewissen Grade die aufeinanderfolgenden Entwicklungsstadien feststellen zu können.

Ich richtete mein Hauptaugenmerk darauf, Organe zu finden, die als Oogonien und Antheridien hätten agnosziert werden können. Dies gelang mir aber trotz eifrigsten Suchens (es standen mir im ganzen acht Schnittserien zur Verfügung) nicht. Es ist denkbar, daß das von mir durchgesehene Material sich bereits in einem vorgeschrittenen Altersstadium befunden hat, zu einem Zeitpunkt fixiert worden ist, wo die Befruchtung schon vollzogen war und die Bildung der ascogenen Hyphen eingesetzt hatte. Mir scheint diese Annahme jedoch wenig wahrscheinlich, da die Hymenialzone, wie ich früher sagte, keinen fertigen Zustand aufwies. Es fanden sich vielmehr in derselben die verschiedensten Altersstufen der Ascusproduktion und da wir von anderen Ascomyceten her wissen, daß die Sexualorgane nicht weit von der Hymenialschicht angelegt werden, so wäre es durchaus gezwungen, bei dieser Ascomycetenform die Anlage der Geschlechtsorgane auf einen früheren Zeitpunkt der ontogenetischen Entwicklung verlegen zu wollen. Ich glaube daher annehmen zu dürfen, daß bei dieser *Tuber*-Art die Sexualorgane in Verlust gegangen sind, ähnlich wie bei der von Carruthers untersuchten *Helvella crispa* Fries, eine Annahme, die gerade bei Berücksichtigung unserer Vorstellungen über die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen Helvellineen und Tuberineen an Wahrscheinlichkeit gewinnt.

Die ascogenen Hyphen, die mithin einen Überrest des ursprünglich vorhanden gewesenen Sexualapparates darstellen, enthalten in ihrer an der Grenze der inneren Hymenialschicht gelegenen Endverzweigungen in jedem Gliede zwei Kerne. Wo und in welcher Weise die Doppelzahl der Kerne zustande kommt konnte ich nicht eruieren. In Fig. 1 *a* ist eine Gruppe von solchen ascogenen Hyphenzellen dargestellt. Man erkennt daran leicht den Größenunterschied gegenüber den vegetativen Mycelfäden, welche die Zwischenräume ausfüllen. Auch die Kerne zeigen noch dieselbe Größenanordnung wie im vegetativen Mycel, nur in der Teilfigur rechts unten erscheinen sie etwas vergrößert. In den folgenden Figuren 1 *b* bis 1 *d* allerdings bemerken wir schon eine bedeutende Größenzunahme der Kerne und gleichzeitig damit die allmähliche Annäherung der beiden Kerne aneinander. Fig. 1 *d* stellt ein Stadium unmittelbar vor der Verschmelzung dar.

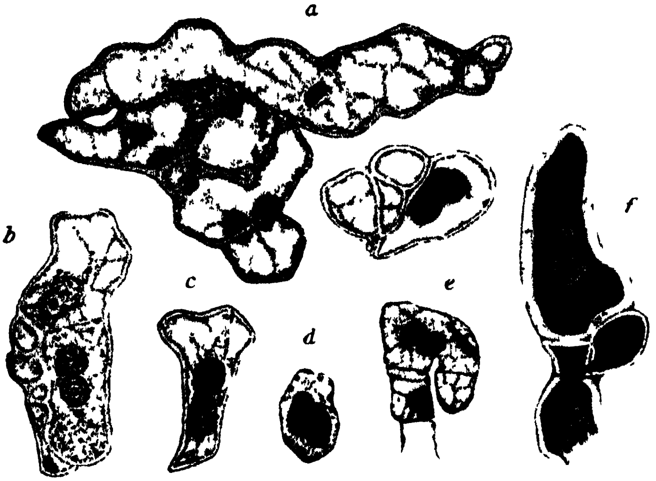


Fig. 1

Sporogene Fäden und Hakenbildung

Nach stattgefundener Kernverschmelzung wird aus der Zelle, in der sich die Karyogamie abgespielt hat, die Anlage des jungen Ascus. Offenbar kann hier jedes zweikernige Glied der ascogenen Hyphe zur Ascusanlage werden, und darin ist eine auffallende Abweichung von der Norm gegeben.

Nur höchst selten und nach langem Suchen ist es mir gelungen Stellen zu finden, die ich als die bekannten Hakenbildungen erkennen konnte, wovon die Figuren 1 *e* und 1 *f* eine Vorstellung geben mag. In 1 *e* ist das Ende einer ascogenen Hyphe gerade in dem Augenblicke wiedergegeben, wo sie umbiegt; im Bogenteil befinden sich zwei Kerne. Der Kern der Stielzelle ist undeutlich, der der Spitzenzelle aus dem Schnitt herausgefallen. In Fig. 1 *f* ist ein vorgeschritteneres Stadium der Hakenbildung abgebildet, an dem die heranwachsende Ascusanlage deutlich zu sehen ist, allerdings konnte ich die Kernverhältnisse infolge des äußerst dichten, stark gefärbten Inhaltes nicht wahrnehmen. Es scheint also bei dieser Form neben der apikalen Entstehungsweise der Asci auch eine interkalare Ausbildungsmöglichkeit der Sporenschläuche vorzukommen, letztere als akzessorischer, aber nach meinen Erfahrungen in diesem speziellen Fall prädominierender Entwicklungsmodus. Dies erscheint uns verständlich, wenn wir den anatomischen Aufbau eines *Tuber*-Fruchtkörpers betrachten und vor allem, wenn wir uns an den Modus der Sporenverbreitung bei den Hypogaeen erinnern. Die apikale Entstehungsweise der Asci bei den gymnokarpen Ascomyceten ist eine natürliche Folge der streng palissadenartigen Anordnung der Sporenschläuche im Hymenium, die wiederum den Sinn hat, dem Wind als Sporenverbreitungsmittel einen ungehinderten Zugang zu gewähren. Beim angiokarpen Bau des Tuberineenfruchtkörpers im reifen Zustand ist das nicht notwendig, weil der Wind als Transportfaktor überhaupt nicht in Betracht kommt. Deshalb, und wenn wir uns noch vergegenwärtigen, daß bei dem hier in Rede stehenden *Tuber aestivum* höchstwahrscheinlich die Ascogonien und Antheridien nicht mehr zur Ausbildung gelangen, scheint mir die interkalare Entstehungsweise der Asci eine sehr zweckmäßige Einrichtung zu sein, denn im Moment, in dem der Wind als Verbreitungsmittel wegfiel und die Sexualorgane rückgebildet wurden, war dem Pilz dadurch eine erhöhte Bildungsmöglichkeit der Asci gegeben. Bis zu einem gewissen Grade kann man sogar die interkalare Entstehungsweise der Asci als einen Ersatz für die in Verlust geratenen Sexualorgane auffassen.

Der junge Ascus wächst nach erfolgter Karyogamie sofort heran, nimmt eine mehr weniger kugelige bis ellipsoidische Gestalt an, wenn er nicht durch den Druck benachbarter Elemente gezwungen ist, seine Form der Umgebung in mehr minder weitem Maße anzupassen (Fig. 2, *a* und *b*). In diesem Stadium führt der Ascus einen Kern (*Synkaryon)*, den ich hier als »primären Ascuskern« bezeichnen will und der durch seine besondere Größe auffällt. Anfangs rund, nimmt er mit zunehmendem Wachstum des Ascus eine unregelmäßige Gestalt an, er treibt rundliche, pseudopodienartige Fortsätze aus und gleichzeitig spielen sich in ihm Veränderungen in der Anordnung der chromatischen Substanz ab, auf die ich weiter unten noch zu sprechen komme. Wenn der

Ascus eine gewisse Größe erreicht hat, findet eine Teilung des primären Ascuskernes statt, die das Entstehen von vier »sekundären Ascuskernen« zur Folge hat. Den Teilungsvorgang selber bekam ich nie zu Gesicht, wohl gelang es mir aber die vier jungen Tochterkerne, offenbar knapp nach ihrer Entstehung, zu finden (Tafel, Fig. 3). Im wesentlichen stimmen sie in der Gestalt mit den primären Ascuskernen überein, unterscheiden sich von den letzteren (von der Größe abgesehen) nur durch eine viel dichtere, gleichmäßigere Struktur und viel schärfer zugespitzte Pseudopodienfortsätze. Diese vier sekundären Sporenkerne liefern die Sporen, wobei allerdings hervorzuheben ist, daß nicht immer alle vier Sporen zur Reife kommen und daß der Reifungsprozeß der Sporen innerhalb eines Ascus in succedaner Reihenfolge erfolgt. Ist eine oder zwei Sporen im Wachstum den anderen Schwestersporen stark voran, dann können die in der Entwicklung zurückgebliebenen Sporenanlagen nicht mehr zur Vollreife gelangen, sie gehen langsam zugrunde, indem ihre Substanz vom Ascusplasma langsam resorbiert wird. Solche Stellen sind dann durch ihre besonders intensive Tingierbarkeit gekennzeichnet. Im jungen Ascus erfüllt das Protoplasma den ganzen Innenraum und zeigt eine sehr deutliche schaumige Struktur. Später, wenn die Sporen heranreifen, sammelt sich das Plasma vornehmlich um die Sporenanlagen und sendet von da aus mehr weniger dicke Stränge bis in den plasmatischen Wandbelag aus, wie dies aus den beigegebenen Figuren hervorgeht. Das Gefüge des Ascusplasmas ist körnig, was besonders deutlich in den protoplasmatischen Ansammlungen in der Nähe der Sporenanlagen zum Ausdruck kommt. Die Folge davon ist, daß sich der plasmatische Inhalt der unreifen Asci mit Hämatoxylin sehr stark mitfärbt.

Nach diesen kurzen allgemeinen Bemerkungen will ich mich dem eigentlichen Thema dieser Arbeit zuwenden, nämlich zur Besprechung jener Vorgänge, die sich an den Ascuskernen während der Sporenbildung abspielen. Ich bin gezwungen, etwas weiter auszuholen und in wenigen Worten die Hauptergebnisse der Protistenkernforschung zu resümieren, weil meine Resultate wesentliche Übereinstimmungen mit denen der Protistenforscher aufweisen. In einem kleinen, in den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft erschienenen Aufsatze habe ich bereits den Versuch gemacht, diese so überaus wichtigen Tatsachen den sonst ferner stehenden botanischen Kreisen bekannt zu geben. Mit dem Hinweis auf diese Veröffentlichung kann ich mich hier kurz fassen und will im folgenden nur so viel wiederholen, als zum Verständnis meiner Untersuchungsbefunde an *Tuber aestivum* unbedingt notwendig ist.

Die Forschungen auf dem Gebiete der Protistencytologie, hauptsächlich die von Schaudinn, Prowazek, Hartmann u. a. m., haben in den letzten zwei Dezennien gezeigt, daß zwischen der Konstitution des Zellkernes der Protisten und jener der höheren Organismen wesentliche Unterschiede bestehen. Hartmann machte im Jahre 1911 den Versuch, auf Grund eigener Untersuchungen und unter Heranziehung der bis dahin erschienenen Fachliteratur, eine Übersicht über dieses Gebiet zu geben und entwarf eine Art System der Protistenkerne, in dem er verschiedene Kerntypen unterscheidet, die einige wichtige Stufen der Zellkernentwicklung darstellen. Hartmann hat vor allem das Verdienst, eine gründliche Übersicht geschaffen zu haben und seine Arbeit bildet somit die Grundlage für spätere Forschungen, gleichgültig ob im einzelnen die Hartmann'schen Vorstellungen erschöpfend sind oder nicht. Später erschienene Arbeiten scheinen oft dem Hartmann'schen System zu widersprechen; ein endgültiges Urteil wird jedoch erst dann möglich sein, wenn die Protistencytologie auf breiter Grundlage und unter gleichzeitiger Heranziehung der niederen Pflanzen in Angriff genommen wird. Soviel bis heute bekannt ist, läßt sich eine große Anzahl von Kernen aus den verschiedensten Verwandtschaftskreisen der niedersten Tiere und Pflanzen in einen Typus vereinigen, der uns einen relativ ursprünglichen Eindruck macht und den wir mit Hartmann als den Typus der einwertigen Karyosomkerne oder der Monocaryen bezeichnen wollen. Sie sind dadurch ausgezeichnet, daß an ihnen im allgemeinen zwei Komponenten unterschieden werden können, eine »lokomotorische« und eine »idiochromatische«. Vielleicht sagen diese Ausdrücke zu viel; wir wollen festhalten, daß die Unterscheidung dieser beiden Komponenten vorerst eine topographische ist, womit gesagt sein soll, daß bei den Kernen der einfachsten Tiere und Pflanzen eine mehr weniger strenge örtliche Scheidung zwischen jenen Substanzen durchgeführt ist, welche bei der Kernteilung die trophischen Anteile der nächsten Kerngeneration liefern und jenen, die während der Karyokinese diejenigen Strukturen aufbauen, die uns bei morphologischer Betrachtung dieses Vorganges den Eindruck kinetischer Zentren machen. Es ist klar, daß wir bei Betrachtung solcher subtiler Vorgänge im allgemeinen zu einer anthropomorphistischen Deutung des Gesehenen verleitet werden; deshalb möge mir die etwas zurückhaltende Formulierung dieser Dinge gestattet sein. Unter diesem Vorbehalte ist die Anwendung der nun üblichen Nomenklatur, deren ich mich im folgenden natürlich bedienen werde, zu interpretieren. Auch die Bezeichnung »ursprünglicher Kerntypus« ist in der Weise zu verstehen, daß diejenigen Kerntypen, die wir zum Ausgangspunkt unserer Betrachtung wählen, fast durchwegs bei recht primitiv organisierten Lebewesen (hauptsächlich Flagellaten, Rhizopoden u. a.) vorkommen, wodurch die Vorstellung berechtigt erscheint, die Ursprünglichkeit dieser Organismen auch auf die Konstitution ihrer Kerne zu übertragen.

Die topographische Verteilung der beiden Kernkomponenten in einem Monokaryon kann nun recht verschieden sein, wodurch sowohl das Aussehen des Ruhekernes als auch die Gestalt der mitotischen Bilder sehr verschieden ausfallen wird. Im einfachsten Falle (besonders wenn es sich um sehr kleine, schwer in ihre Details auflösbare Kerne handelt) ist die Hauptmasse der Chromatinsubstanz in einem zentralen Körper, dem Karyosom, zentralisiert, um das herum eine helle, gegen das Cytoplasma abgegrenzte Zone sichtbar ist. Diese Zone ist sehr arm an tingierbaren Substanzen, sie umgibt daher das Karyosom wie ein Bläschen (man spricht daher auch von Bläschenkernen) und man bezeichnet sie als Außenkern, oder besser vielleicht als »Perikaryon«. Das Karyosom stellt keine einheitliche basophile Masse dar, sondern es konnte in sehr vielen Fällen, bei vorsichtiger färberischen Differenzierung der Präparate in seinem Zentrum noch ein Bestandteil aufgefunden werden, der als ein kugeliges Körnchen erscheint und als Centriol bezeichnet wurde.

Von physiognomischem Interesse sind jene Veränderungen, die sich an den einfachen Protistenkernen während ihrer vegetativen Phase abspielen und die darin bestehen, daß die im Karyosom ausschließlich oder vornehmlich zentralisierte chromatische Substanz entweder teilweise oder sogar gänzlich in das Perikaryon auswandern kann. Diese Vorgänge, die wohl zu den trophischen Funktionen des Kernes in irgendeiner, wenngleich einer genaueren Analyse schwer zugänglichen, Beziehung stehen dürften, kann man während der individuellen Entwicklung eines Protisten unschwer verfolgen, wobei noch darauf hingewiesen werden muß, daß die Wanderung der Chromatinsubstanz auch reversibel sein kann, d. h., es können die zu bestimmten Zeitpunkten im Außenkern dispergierten Chromatinpartikelchen wieder in das Karyosom zurückwandern. Man nennt diese Erscheinung »cyklische Metamorphose«. Auf diese Weise kommen während der Ontogenese eines bestimmten Organismus die verschiedensten Kernbilder zustande, die meiner Auffassung nach durch den Kernstoffwechsel induzierte physikalisch-chemische Zustandsphasen der beiden Kernkomponenten darstellen. Ähnliches hat sich im Laufe der phylogenetischen Entwicklung der verschiedenen Protistengruppen abgespielt und es ist daher natürlich, daß wir bei bestimmten systematischen Einheiten ganz spezifisch aussehende Monokaryentypen wiederfinden, die nichts anderes vorstellen als die früher erwähnten, erblich fixierten Zustandsphasen. Es entstehen somit Kerntypen, welche im ruhenden Zustand eine weitgehende histologische Ähnlichkeit mit den Zellkernen der Metazoen und Metaphyten aufweisen und die nur bei sehr genauer morphologischer, beziehungsweise morphogenetischer Analyse von diesen letzteren unterschieden werden können.

Die Morphogenese eines Kernes liefert uns das wichtigste Kriterium zur Entscheidung seiner Konstitution, und da sind in erster Linie die Vorgänge während der Karyokinese zu erwähnen. Bei den einwertigen Karyosomkernen (Monokaryen) geht die Kernteilung in der Weise vor sich, daß die beiden in ihm enthaltenen Komponenten während des Teilungsvorganges so ineinander greifen, daß einerseits ihre histologische Autonomie gewahrt bleibt und anderseits die Zusammensetzung aus zwei Komponenten auch in die nächstjüngere Kerngeneration übergeht. Den Vorgang der Karyokinese scheint das Centriol einzuleiten, indem es sich auf dem Wege einer einfachen Durchschnürung in zwei Tochtercentriole teilt, wobei zwischen diesen zwei Hälften ein Gelfaden, eine sogenannte »Centrodesmose« ausgespannt wird. Gleichen Schritt damit hält das Karyosom, das sich in die Länge streckt und in der Mitte auseinandergezogen wird. Ist die gesamte Chromatinsubstanz im Karyosom lokalisiert gewesen, so kommt es zu einer wenig scharf differenzierten Spindel mit chromatischen Polkappen und einer Äquatorialplatte. Andernfalls wird die chromatische Kernfigur von dem im Außenkern befindlichen Chromatin geliefert, während Centriol und Karyosom bloß der Spindelbildung dienen. Natürlich liegen zwischen diesen beiden extremen Fällen allerhand Übergänge, bei denen eine scharfe topographische Grenze zwischen chromatischer und achromatischer Spindelsubstanz sich nicht ziehen läßt. Es soll noch erwähnt werden, daß es Fälle gibt, wo das Centriol allein als lokomotorische Komponente funktioniert, und daß seine Stellung sehr verschieden, entweder innerhalb oder außerhalb des Kernes sein kann. Immer wirken aber die beiden Komponenten, ohne Rücksicht ihrer topographischen Lokalisierung, bei der Karyokinese ineinander und auf diese Weise kommen mitotische Bilder zustande, die bei oberflächlicher Betrachtung von den entsprechenden Teilungsfiguren der Metazoen- und Metaphytenkerne nicht zu unterscheiden sind. Zweifellos handelt es sich jedoch um einen wesentlich verschiedenen Vorgang und wir bezeichnen denselben mit dem Namen »Promitose«. Zum Wesen der Promitose gehört ferner auch der Umstand, daß die Spindelfigur intranukleär entsteht, ausgenommen jene Fälle, in denen die lokomotorische Komponente aus dem Kern in das Cytoplasma übergewandert ist. (Aber auch hier nicht immer!)

Ich mußte diese Charakteristik der Monokaryen vorausschicken, um den zweiten wichtigen, von Hartmann aufgestellten Kerntypus zum besseren Verständnis bringen zu können. Es ist dies der Typus der sogenannten polyenergiden Kerne oder Polycaryen, mit denen ich mich in dieser Arbeit speziell befassen muß. Sie stellen sicherlich eine ebenso interessante als wichtige Stufe in der phylogenetischen Entwicklung des Zellkernes der Protisten im besonderen wie auch der Organismen überhaupt dar. Bei der Besprechung dieses Kerntypus will ich von einem von Jollos studierten und sehr übersichtlichen Fall ausgehen, den auch Hartmann in seiner oben erwähnten Abhandlung als Ausgangspunkt seiner Darlegungen gewählt hat und der sich auf die Kerne einer Coccidie, *Adelea ovata*, bezieht. Ich lasse am besten die Worte Hartmann's selber folgen: »Die Kernteilung vollzieht sich bei der Zweiteilung in Form einer Promitose, die sich ganz am Karyosom abspielt, während der Außenkern vollkommen unbeteiligt bleibt. Mit dem Karyosom kann sich auch der ganze Kern teilen und dem kann, wie wir das sonst bei Zellen gewohnt sind, auch die Zellteilung unmittelbar folgen, was allerdings eine seltene Ausnahme ist. Gewöhnlich geht sogar die Teilung des ganzen Kernes nicht direkt Hand in Hand mit der Karyosomteilung, sondern vollzieht sich nachher und der Prozeß wiederholt sich, bis mehrere Kerne in der Zelle gebildet sind. Der weitere Fall ist der, daß im Innern der erhalten bleibenden Kernmembran das Karyosom sich nicht einmal, sondern mehrmals hintereinander promitotisch teilen kann und dieser Kern, der also schon mehrere Tochterkerne im Innern enthält, sich dann nach und nach in die Einzelkerne zerschnürt. Der letzte Modus schließlich vollzieht sich so, daß auch die Zerschnürung des ganzen Primärkernes unterbleibt. Die Kernmembran des Primärkernes wird einfach zum Schluß aufgelöst und die vorgebildeten Sekundärkerne zerstreuen sich hierauf im ganzen Plasma. Hier ist es wohl ohne weiteres klar, daß dieser letztgeschilderte Modus der Kernvermehrung sich von einer fortgesetzten Promitose des Kernes ableiten läßt, wobei einfach die Membran und die Höhle des Primärkernes erhalten bleibt, weil eben alle wichtige Substanz (die lokomotorische und idiochromatische Komponente) im Karyosom konzentriert ist und die Teilung somit nur an letzterem stattzufinden braucht. Ebenso sicher aber ist es, daß jeder durch primitive Mitose entstandene Tochterkern im Innern des Primärkernes als totipotenter Kern gelten muß. Der große Kern vor der multiplen Teilung ist somit unbedingt ein polyenergider Kern oder Polycaryon im eingangs erwähnten Sinne«.

Wenn aus dieser Beschreibung Form und Wesen eines polyenergiden Kernes ohne weiteres einleuchtet, so ist über die Bedeutung dieser Kerne noch nicht alles gesagt. Das Problem des Polycaryon besteht meines Erachtens darin, daß es eine höhere Organisation des betreffenden Organismus anzeigt, worauf ich übrigens schon in dem oben angeführten Aufsatze aufmerksam gemacht habe. Einige Beispiele mögen dies illustrieren. Die großen, mit einem mächtigen Kern versehenen Monocyttarien und Tripyleen (Radiolarien) sind nach Ansicht der Protozoologen von einer Kolonie der Polycyttarien abzuleiten. Wenn daher bei den ersteren zur Zeit der Gametenbildung der, wie Hartmann mit Recht annimmt, polyenergide Primärkern in eine große Anzahl von Sekundär(Gameten)kernen zerfällt, so ist dieser Vorgang phylogenetisch so zu erklären, daß im Kern dieser Radiolarien die ursprüngliche, von ihren Ausgangstypen übernommene Organisation festgehalten wird. In diesen Polycaryen finden wir also den letzten phylogenetischen Rest der früheren, jetzt schon erloschenen multicellulären Natur der Ausgangstypen; und daß dieses Organisationsmerkmal gerade bei der Bildung der Fortpflanzungsorgane in Erscheinung tritt, steht wohl mit der Vorstellung im Einklang, daß im Augenblicke der Fortpflanzung immer wieder phylogenetisch ältere Organisationsmerkmale auftauchen, wofür gerade im Pflanzenreiche zahllose Beispiele angeführt werden könnten. Mithin wird unsere Annahme von der Bedeutung der polyenergiden Kerne für die phylogenetische Beurteilung eines Organismus oder einer Organismengruppe vollauf bestätigt, wir wollen aber trotzdem an der Hand einiger weiterer Beispiele die Stichhältigkeit dieser These prüfen.

Bei den Trichonymphiden, einer eigenartigen Gruppe hochwertiger Flagellaten, die vor allem durch eine enorme Vermehrung der Geißeln und Geißelapparate ausgezeichnet ist, finden wir einerseits Typen mit zahlreichen Kernen, wobei jeder Kern mittels des Basalkornes mit je einer Geißel in Verbindung steht, anderseits aber auch solche Formen, bei denen die Zelle wohl polyciliat ist, jedoch bloß einen größeren Kern enthält. Dieser Kern ist nun, wie Hartmann nachgewiesen hat, polyenergid. Die polyenergide Natur desselben ist allerdings bloß während der karyokinetischen Vorgänge ersichtlich, beim Übergang in das Ruhestadium lösen sich die einzelnen Karyoenergiden auf und gehen in der Bildung des chromatischen Netzwerkes auf. Das Resultat davon ist ein Ruhekern vom Aussehen eines gewöhnlichen Metazoen- oder Metaphytenkernes, eine Erscheinung, die wir schon bei den Monokaryen gesehen haben und die in physikalisch-chemischen Prozessen eine Erklärung finden könnte in dem Sinne, daß durch den Zerfall der Chromatinsubstanz in zahllose kleinste Brocken die aktive Oberfläche derselben vergrößert, die Adsorptionsfähigkeit gesteigert wird u. dgl. m. Wir müssen unbedingt derlei Prozesse im Auge behalten, denn das uniforme Aussehen der Zellkerne im ruhenden Zustand, trotz aller konstitutionellen Verschiedenheiten, ist sicherlich kein Zufall. Dem Beispiel der Trichonymphiden ließe sich noch ein weiteres aus dem Pflanzenreich angliedern, wenn auch die Protophytencytologie noch lange nicht die Fortschritte aufzuweisen vermag, die in der modernen Protozoologie gemacht wurden. Bei der Gattung *Derbesia* findet bei der Zoosporenbildung aller Wahrscheinlichkeit nach eine Auswanderung kleiner Chromatinkörnchen aus dem Zoosporenkern in das Cytoplasma des Schwärmers statt, welche dann zu Basalkörnchen und schließlich durch Vereinigung zum Basalstab werden, dem der Geißelkranz dieser polyciliaten Schwärmzellen aufsitzt. Das ist meine Auffassung der leider etwas unzureichenden Befunde Davis'. In meinem Aufsatz über die Kerne der Protophyten habe ich mich über diesen Fall dahin geäußert, daß man die Zoosporenkerne von *Derbesia* als polyenergid auffassen kann, mit der Modifikation allerdings, daß die zahlreichen Karyoenergiden bis auf die Centriolen, die als Basalkörper bei der Ausbildung der Geißeln in Erscheinung treten, rückgebildet seien. Dies wäre ein ganz analoger Vorgang, wie er sich bei den

Monokaryen vollzieht, bei denen wir Fälle kennen, wo vom Karyosom nach Abgabe seiner Substanz an den Außenkern bloß das Centriol übrig bleibt. Und daß das Centriol und die Basalkörper der Geißeln in genetischer Beziehung stehen, darf wohl als bekannt angenommen werden. Nun kennen wir eine andere Gattung aus der Verwandtschaft der Siphoneen, und zwar *Vaucheria*, bei der ebenfalls polyciliate Schwärmsporen vorkommen, jedoch mit dem Unterschied, daß hier jedem Cilienpaar ein kleiner Kern entspricht. Vergleichen wir diese zwei Fälle mit den früher erwähnten Trichonymphiden, so finden wir einen weitgehenden Parallelismus.

Mit Absicht habe ich diesen Gegenstand etwas ausführlicher behandelt, um einerseits auf die Wichtigkeit der polyenergiden Kerne für die phylogenetische Protistologie hinzuweisen, anderseits aber auch, um darzutun, daß das Vorkommen von polyenergiden Kernen immer durch entwicklungsgeschichtliche oder entwicklungsmechanische Belege sozusagen legitimiert sein muß. Gerade aus diesem letzten Grunde scheinen mir meine Befunde an den Ascuskernen von *Tuber aestivum* von einigem Interesse zu sein, weshalb ich jetzt zur Besprechung dieses Falles übergehen will.

In Fig. 2 *a* ist ein junger Ascus mit einem großen, runden Kern abgebildet. In diesem letzteren unterscheiden wir zunächst einen rundlichen, dunkel gefärbten Binnenkörper, der sich vom übrigen Kern durch eine helle Zone abhebt. Zwischen Binnenkörper und dem Rest des Kernes (wir können vorausgreifend den ersteren als Karyosom, den letzteren als Perikaryon bezeichnen) ist die Kernsubstanz ebenfalls dunkel gefärbt, sie zeigt eine dichte, granulierte Struktur und in ihr sind zahlreiche Chromatinpartikelchen konzentrisch um den Binnenkörper herum angeordnet. Diese abgerundete Gestalt des primären Ascuskernes ist eine relativ seltene Erscheinungsform und wird nur in sehr jungen Ascusschläuchen angetroffen. Sobald der Ascus älter wird und an Größe zunimmt, wobei sein protoplasmatischer Inhalt immer grobkörniger und stärker tingierbar wird, ändert sich das Bild des Kernes, er nimmt eine unregelmäßige, mehr minder gelappte bis amöboïde Gestalt an (vgl. Fig. 2, *b*, *c*, *d*, *f*, *g*). In solchen gelappten Kernen kann man auch sehr deutlich die cyklischen Metamorphosen verfolgen, die sich während dieser Entwicklungsperiode in ihnen abspielen. Aus Fig. 2 *d* kann man mit größter Deutlichkeit ersehen, daß sich um das Karyosom herum zwei Substanzzonen herausdifferenziert haben, die nicht nur durch ihr verschiedenes Aussehen und durch ihre verschiedene Tingierbarkeit sondern auch durch einen Kranz von kleinen, stark gefärbten Chromatinkörnchen voneinander abgegrenzt erscheinen. Es findet offenbar eine Stoffwanderung vom Karyosom als physiologischem Zentrum in den Außenkern statt, was auch daraus zu ersehen ist, daß die Substanz des Binnenkörpers weniger dicht und etwas durchscheinend geworden ist. Diesem letzteren Umstande ist es nun zu verdanken, daß wir in diesem Stadium in der Mitte des Karyosoms ein deutliches Centriol wahrnehmen können, wodurch also die Karyosomnatur dieses Binnenkörperchens erwiesen ist (vgl. Fig. 2, *b, d, g*). In der Fig. 2 (*b, c, e, f, g*) sind verschiedene Zustandsphasen der Cyklomorphosen wiedergegeben, wobei zunächst auf die Teilfiguren *c* und *f* hingewiesen werden soll, die den Beginn des cyklischen Abbaues illustrieren. Das Karyosom ist noch durchaus dicht und undurchsichtig und im Außenkern befinden sich bloß einzelne größere Körnchen in regelloser Verteilung. In *b* und *g* ist die Auswanderung der chromatischen Substanz stärker vorgeschritten, wir finden letztere hauptsächlich an der Peripherie des Außenkernes verdichtet, wo sie, wie z. B. in Fig. *b*, als dunkel gefärbte Kappen der pseudopodienartigen Fortsätze des Außenkernes erscheint. In beiden Figuren (*b* und *g*) ist das Centriol sehr deutlich sichtbar. Manchmal, wie in der Fig. 2 *e*, ist die Chromatinsubstanz schollenartig ausdifferenziert.

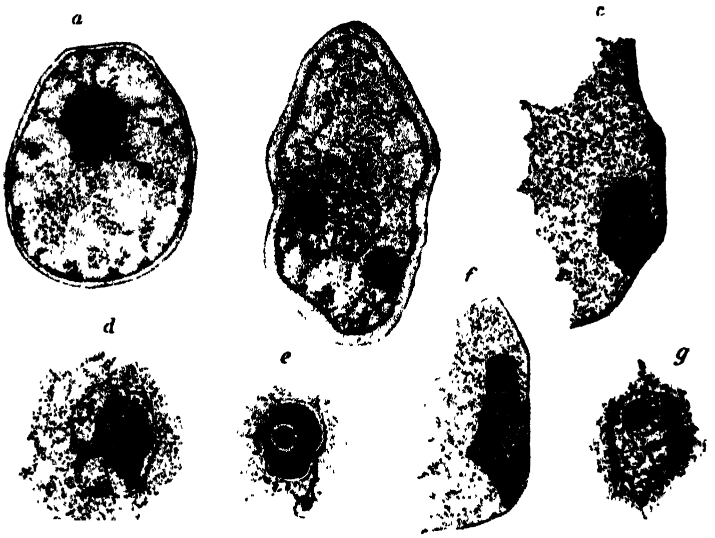


Fig. 2.

Junge Asci und primäre Ascuskerne.

Alle diese Veränderungen müssen wir als den sichtbaren Ausdruck eines regen Stoffwechsels im primären Ascuskern auffassen, die schließlich zu einer günstigen Verteilung der idiochromatischen Substanzen innerhalb des Außenkernes führen. Nach Abschluß aller dieser cyklischen Phänomene findet eine Teilung des primären Ascuskernes statt, die die Bildung von vier sekundären Ascuskernen zur Folge hat. In Analogie zu den übrigen bisher bekannt gewordenen Fällen dürfte es sich auch hier um eine Reduktionsteilung handeln. Diese vier sekundären

Ascuskerne stimmen, was die äußere Gestalt, die feinere Struktur und ihre Konstitution betrifft, durchaus mit den primären Ascuskernen, aus denen sie durch Teilung hervorgingen, überein. Man kann an ihnen ein mit Centriol versehenes Karyosom und einen Außenkern von wechselnder Gestalt unterscheiden; der einzige äußerliche Unterschied gegenüber dem Mutterkern besteht darin, daß die pseudopodienartigen Fortsätze des Außenkernes viel feiner und spitziger auslaufen, und daß diese Kerne kleiner sind. Außerdem ist die Struktur weniger deutlich. Dieses Vierkernstadium (vgl. Taf., Fig. 3) habe ich während meiner Untersuchung bloß ein einziges Mal zu Gesicht bekommen, was offenbar dafür zu sprechen scheint, daß sich die Teilung des primären Ascuskernes außerordentlich rasch abspielt. Es ist dies eine empfindliche Lücke in meinen Befunden, weil im Hinblick auf das spätere, gleich zu erörternde Verhalten der sekundären Kerne, eine genaue Kenntnis des Teilungsmodus des primären Ascuskernes von größtem Interesse sein dürfte.

Ist das Vierkernstadium im Ascus erreicht, so wachsen die Kerne allmählich heran, jedoch nicht alle zu gleicher Zeit. Es bestehen fast immer Größenunterschiede zwischen den vier Kernen, die wohl so zu erklären sind, daß ein Kern im Größenwachstum den anderen drei stark vorauseilt und die übrigen drei immer in einem gewissen Zeitabstand nachkommen. Mit zunehmender Größe verlieren die sekundären Ascuskerne nach und nach ihre unregelmäßige, amöboide Gestalt, die sie noch im auf der Tafel, Fig. 3, abgebildeten Zustand besaßen und runden sich immer mehr ab. Der kugelige Umriß bleibt allerdings nicht lange erhalten, denn alsbald sehen wir, daß die Kerne eine im optischen Durchschnitt mehr weniger polygonal erscheinende Gestalt annehmen, wovon die Fig. 7 der Tafel, z. B. eine recht gute Vorstellung zu geben vermag.

Verfolgen wir nun die weiteren Veränderungen in den sekundären Ascuskernen. Zunächst teilt sich das Karyosom zweimal rasch hintereinander, wodurch vier Tochterkaryosomen entstehen, welche anfangs noch gepaart nebeneinander liegen (Tafel, Fig. 2, links oben). Später rücken die vier Tochterkaryosomen auseinander und diese teilen sich noch einmal. Es entstehen somit vier Paarlinge, wobei die Paarlingshälften in der Regel nicht gleich groß sind (Tafel, Fig. 2, rechts oben und Fig. 7, rechts unten). Die Fig. 4 der Tafel gibt ein Detailbild dieses zweiten Teilungsvorganges wieder. Wir sehen, daß sich das Centriol in der weiter oben beschriebenen Weise teilt, wobei zwischen den zwei Centriolhälften eine Centrodesmose ausgespannt wird. Darauf findet die Durchschnürung des Karyosoms selbst statt und wir sehen schließlich die zwei Karyosomhälften mit ihren Centriolen dicht nebeneinander liegen (das oberste Paar in Fig. 4 der Tafel). Die Deutlichkeit dieser Vorgänge hängt einerseits vom Zustand des Materials, anderseits vom Differenzierungsgrad beim Färben ab, was zur Folge hat, daß ich nicht in allen Abbildungen die genaueren Details zur Darstellung bringen konnte. Aus dem Vergleich zahlloser Stadien geht jedoch der eine wichtige Umstand hervor, daß in allen Generationen der Karyosome stets ein Centriol vorhanden ist, wie dies auch das spätere Verhalten dieser Karyoenergiden zeigen wird.

Während oder knapp nach dieser letzten Teilung des Karyosoms zeigen, wie schon erwähnt, die daraus hervorgegangenen Tochterhälften eine verschiedene Größe. Aber nicht nur in der Größe, sondern auch in ihrem späteren Verhalten unterscheiden sich diese beiden Tochterhälften wesentlich voneinander. Und zwar können zwei Fälle eintreten. In dem ersten bleibt die eine, größere Karyosomhälfte unverändert und behält ihre runde Gestalt bei, während gleichzeitig die kleinere Hälfte aufgelockert wird. Sie geht offenbar in einen flüssigeren Zustand über, wie das bei Biokolloïden oft zu beobachten ist und umfließt förmlich die benachbarte, unverändert gebliebene Karyosomhälfte, so daß letztere in die Gelmasse der ersteren exzentrisch zu liegen kommt (Tafel, Fig. 2, Mitte, Fig. 7, links unten, Fig. 1). Es differenzieren sich also auf diese Weise innerhalb eines jeden sekundären Ascuskernes vier kleinere Kerne heraus, und zwar so, daß die eine Karyosomhälfte den Außenkern für die in Ruhe verharrende andere Karyosomhälfte liefert. Daß dem so ist, geht auch deutlich aus dem Umstande hervor, daß man in dem neu entstandenen Außenkern noch das in der metamorphosierten Karyosomhälfte ursprünglich enthaltene Centriol regelmäßig nachweisen kann (Tafel, Fig. 1, 2, 7). Es ist ohne weiteres klar, daß wir in diesen sekundären Ascuskernen polyenergide Kerne, im oben erwähnten Sinne, vor uns haben, welche durch komplizierte Umwandlungen ihrer Karyoenergiden schließlich vier individualisierte Kerne in ihrem Innern erzeugen, die, wie wir weiter unten sehen werden, zu Sporenkernen werden. Vorher wollen wir noch den zweiten Fall der Kernbildung innerhalb eines Synkaryons ins Auge fassen. Es kommt nämlich vor, daß die Ausdifferenzierung der Sporenkerne nicht immer in der soeben geschilderten Weise vollzogen wird. Nicht selten kann man beobachten, daß nach der zweiten Karyosomteilung die größere Karyosomhälfte (die, wie wir sahen, im ersten Falle unverändert bleibt) nicht von der den Außenkern liefernden anderen Hälfte eingeschlossen wird, sondern sich von dieser entfernt (Tafel, Fig. 7, rechts unten) und schließlich entweder von der Substanz des Mutterkernes resorbiert oder aus demselben in das Ascusplasma ausgestoßen wird[1]. Es entsteht somit aus der einen (kleineren) Karyosomhälfte ein kleiner Kern von feinkörniger

---

[1] Solche ausgestoßene Karyoenergidenhälften gehen in der Regel im Ascusplasma langsam durch Resorption zugrunde und können lange Zeit in demselben nachgewiesen werden (Tafel, Fig. 1 und 4). Sie können aber auch, allerdings nur ausnahmsweise, abortive Kerne im Cytoplasma liefern, wie in Fig. 2 der Tafel zu sehen ist.

Struktur, der in der Mitte bloß das Centriol birgt, welches wir beim ersten Kerntypus im Außenkern gefunden hatten (Tafel, Fig. 6 und 7). Innerhalb eines Polykaryons (sekundären Ascuskernes) können die darin enthaltenen Sporenkerne entweder alle nach dem ersten Typus gebaut sein, oder es kommen beide Typen nebeneinander vor (Tafel, Fig. 6, 7).

Dieses letztere Verhalten scheint mir nicht ohne Interesse zu sein, weshalb einige wenige Worte darüber vielleicht am Platze sein dürften. Auf Grund unserer bisherigen cytologischen Erfahrungen wissen wir, daß sich die Kerne der männlichen Sexualzellen durch eine besonders kräftig entwickelte idiogenerative Komponente auszeichnen, bei schwacher Ausbildung des trophischen Kernanteiles (Außenkern), während in den weiblichen Geschlechtszellen (Gameten, Eizellen etc.) gerade das Umgekehrte der Fall ist, d. h. Reduktion des lokomotorischen Anteils und dafür kräftige Entfaltung der idiochromatischen Komponente. In den oben besprochenen zwei Kerntypen hätten wir es im wesentlichen mit einem ganz ähnlichen Vorgang zu tun. Es wäre daher denkbar, daß in den Sporenanlagen von *Tuber aestivum* eine geschlechtliche Differenzierung der Kerne durchgeführt ist, was mit dem weiter oben angenommenen Verlust der Sexualorgane in Zusammenhang gebracht werden könnte. Ich erinnere bei dieser Gelegenheit an das von Burgeff aufgedeckte Verhalten der + und — Mycelien von *Phycomyces*. Bei *Tuber aestivum* enthalten die Sporen vier Kerne und wenn diese geschlechtlich differenziert sind, so ist die Spore in der Lage, ein Mycel zu erzeugen, welches in seinen Zellen sowohl + als auch — Anlagen (Kerne) führt; bei einer entsprechenden Verteilung dieser Kerne in den späteren Zellgenerationen (der Hymenialschichte) wäre es dann leichter verständlich, daß trotz des Fehlens von Ascogonien und Antheridien ein Vorgang sich abspielt, der im Wesen einem Sexualakt gleichkommt (Karyogamie in den ascogenen Hyphen). Ich will mich darüber nicht ausführlicher äußern; jedenfalls ist es nicht ganz zwecklos, auf diese Vorgänge aufmerksam zu machen, weil sie möglicherweise für spätere Untersuchungen als Richtlinien dienen könnten. Ich brauche ja nur an die überaus wertvollen Tatsachen, mit denen uns Kniep bei den Basidiomyceten bekannt gemacht hat, zu erinnern.

Und nun wollen wir uns der Entwicklung der Ascosporen zuwenden. Die Sporen gehen aus den sekundären Ascuskernen, in denen bereits die vier Sporenkerne, wie ich oben schilderte, ausdifferenziert wurden, hervor. Die Matrix des Polykaryons liefert also das Material für die Spore. Wenn die französische Schule unter Carnoy bei der Beobachtung von Spirogyra-Kernen den Satz aufstellen konnte: der sogenannte Nukleolus (nach unseren jetzigen Vorstellungen das Karyosom) sei ein Kern im Kern, so kann man in unserem Falle sagen: das Polykaryon ist eine Zelle in der Zelle (Ascus). Ich konnte für diesen Vorgang alle Übergänge nachweisen, von denen einige markantere Stadien auf der Tafel wiedergegeben sind. Wir sehen zunächst die Substanz des Polykaryons an Tingierbarkeit zunehmen, unter gleichzeitiger Vakuolisierung des Inhaltes, was zur Folge hat, daß die junge Sporenanlage weitmaschig mit breiten schollenartigen Netzbalken erscheint (vgl. Tafel, Fig. 8). Diese netzig oder maschig angeordnete, stark basophile Substanz verdichtet sich hauptsächlich an der Oberfläche der Sporenanlage, und man kann dann in den helleren Innenraum derselben hineinsehen (Tafel, Fig. 8 und 5). Die Oberfläche der jungen Spore wird weiterhin facettiert, die Umrißlinie im optischen Durchschnitt daher polygonal. Zur selben Zeit bildet sich eine zarte epiplasmatische Hülle um das ganze Gebilde: die Anlage der Sporenmembran. Das Plasma des Ascus verdichtet sich um die im Wachstum begriffenen Sporenanlagen herum und man kann sehr deutlich verfolgen, wie aus dem Epiplasma nach und nach die für diese *Tuber*-Art charakteristischen Sporenmembranskulpturen zur Ausscheidung gelangen (Tafel, Fig. 5). Zuerst werden die stachelartigen Fortsätze ausdifferenziert, welche auf den vorspringenden Ecken der Sporenoberfläche aufsitzen, und nach und nach werden ganz zarte, anfangs kaum sichtbare Lamellen zwischen diesen ausgespannt, bis die für den fertigen Zustand so überaus charakteristische Leistenskulptur der Spore erreicht ist (Tafel, Fig. 4, 5, 8; Textfig. 3).

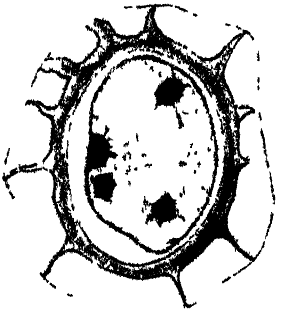


Fig. 3.
Reife Spore im optischen Längsschnitt mit den vier Sporenkernen.

Die reife Spore besitzt eine gelb bis gelbbraun gefärbte Membran, ihr Inhalt ist stark aufgehellt, ein Zeichen, daß die in den Sporenanlagen an der Oberfläche verdichtete Substanz wohl auch am Aufbau der Membran teilgenommen hat. Sie enhält vier Kerne. In diesen sind auffallende Veränderungen vor sich gegangen. Wir finden zentral oder etwas gegen die Peripherie zu verschoben ein rundes, stark färbbares Körnchen, welches von einer hellen, als Ring erscheinenden Zone umgeben ist. Aus einem Vergleich mit den jungen Sporenkernen in der Sporenanlage ergibt sich ohne weiteres, daß dieses Körnchen das Centriol des ruhenden Karyosoms ist. Daß die Substanz des Karyosoms in der Ontogenese eines Kernes mannigfache Modifikationen erfährt, ja sogar bis auf das Centriol abgebaut werden kann, ist eine Erscheinung, die, wie weiter oben gesagt wurde, gar nicht selten ist. Genau so wie im Cytoplasma der Spore während ihrer Reifung so weitgehende Veränderungen sich abgespielt haben, scheint es auch in den Kernen zu einer wesentlichen Modifizierung in der Verteilung der beiden wichtigen Komponenten gekommen zu sein (vgl. Fig. 3). Der Außenkern der Sporenkerne in der reifen Spore ist auch bedeutend dunkler gefärbt als in den jüngeren Stadien, was zugunsten meiner Annahme spricht. Außerdem finden wir aber auch noch im Perikaryon ein zweites kleines Körnchen, welches bedeutend kleiner ist als das früher besprochene und sich auch nicht so scharf von seiner Umgebung abhebt. Es ist dies das Centriol der zweiten Karyoenergidenhälfte, jener, die wie ich weiter oben auseinandergesetzt habe, den Außenkern des jungen Sporenkernes geliefert hatte. In der in Fig. 3 wiedergegebenen Spore enthalten alle vier Kerne das Nebencentriol. Das muß jedoch, nach obigen Erläuterungen, nicht immer sein, wovon ich mich wiederholt überzeugen konnte.

Die Kerne des vegetativen Mycels stimmen im Bau und in der Zusammensetzung vollkommen mit denen der reifen Spore überein. Wir müssen daher annehmen, daß in den ascogenen Hyphen die Kerne irgendwelche Veränderungen durchmachen, die hauptsächlich darin bestehen, daß die Karyosomsubstanz regeneriert wird, oder besser gesagt, aus dem Perikaryon um das Centriol herum verdichtet wird. Wissen wir doch, daß die zyklischen Metamorphosen in den Protistenkernen reversible Vorgänge sind, ein Umstand, der sehr gut mit unseren modernen Erfahrungen auf dem Gebiete der Kolloïdchemie übereinstimmt.

Zum Schlusse möge noch die Frage in Erwägung gezogen werden, ob für die Existenz von polyenergiden Kernen in diesem speziellen Falle irgendwelche entwicklungsmechanische oder phylogenetische Gründe verantwortlich gemacht werden können, denn ich sagte ja weiter oben, daß dies eine conditio sine qua non für die richtige Beurteilung solcher Kernformen beinhalte. In diesem Falle ist man denn auch tatsächlich in der Lage, derartige Gründe anzuführen. Ich erinnere zunächst daran, daß die weitaus häufigste Sporenzahl in den Schläuchen der Ascomyceten acht oder sechzehn beträgt, und dies gilt auch von den mit den Tuberineen nächstverwandten Formentypen. Das Auftreten von 4 Sporen bei der Gattung *Tuber* muß daher als eine Reduktion gedeutet werden. Nun haben wir aber gesehen, daß aus dem primären Ascuskern (höchstwahrscheinlich durch Reduktionsteilung) 4 sekundäre Ascuskerne entstehen. Bis daher stimmt das Verhalten der Ascuskerne bei *Tuber* mit den übrigen Ascomyceten überein. Bei diesen letzteren ist es nun üblich, daß diese 4 haploïden Kerne sich entweder noch einmal, wodurch 8 Kerne, oder zweimal teilen, wodurch 16 Ascuskerne, die zu Sporenkernen werden, entstehen. Bei *Tuber aestivum* unterbleiben diese vegetativen Kernteilungen im Ascus, die vier sekundären Ascuskerne vermehren ihre Karyoenergiden und aus diesen gehen, wie oben geschildert, 4 Sporenkerne hervor, die jedoch innerhalb des polyenergiden sekundären Ascuskernes zur Ausdifferenzierung gelangen. Multipliziert man die

Zahl der sekundären Ascuskerne mit der Zahl der in ihnen entstandenen Sporenkerne, d. h. also 4×4, so erhalten wir die Zahl 16. Es entspricht somit eine Spore von *Tuber aestivum* einem Aggregate von 4 Ascosporen eines normalen Ascomyceten, was in der Vierzahl der enthaltenen Kerne und in dem ganzen Entwicklungsvorgang deutlich zum Ausdruck kommt. Die polyenergiden Kerne erscheinen uns also in diesem Falle tatsächlich verständlich, denn sie stellen sozusagen ein Exponent fur einen Entwicklungsprozeß dar, den wir phylogenetisch ohne weiters erklären konnen. Aus diesem Grunde erschien mir die Veröffentlichung meiner Befunde an *Tuber aestivum* von Interesse, wenn auch, wie ich gleich vorausgeschickt habe, die Kenntnis noch einiger Details von großem Vorteil wäre

Literaturverzeichnis.

Buchholtz F., Zur Entwicklungsgeschichte der Tuberaceen. Ber. d. Deutsch. bot. Gesellsch., *15*. 1897.

— Beiträge zur Morphologie und Systematik der Hypogaeen. 1902.

— Zur Morphologie und Systematik der *Fungi hypogaei*. Annales mycologici, *1*. 1903.

— Zur Entwicklung der *Choiromyces*-Fruchtkörper. Annales Mycologici, *6*. 1908.

— Zur Entwicklungsgeschichte des Balsamiaceen-Fruchtkörpers, nebst Bemerkungen zur Verwandtschaft der Tuberineen. Annales Mycologici, *8*. 1910.

Fischer Ed., *Tuberaceae*, in Rabenhorst Kryptogamenflora. 1896.

— *Tuberineae*, in Engler-Prantl, Natürliche Pflanzenfamilien. 1896.

— Über den Parallelismus der Tuberaceen und Gastromyceten. Ber. d. Deutsch. bot. Gesellsch., *14*. 1896.

— Die Fruchtkörperentwicklung der Tuberaceen und Gastromyceten. Bot. Zeitung, II. Abt. 1903.

— Zur Morphologie der Hypogaeen. Bot. Zeitung, *26*. 1908.

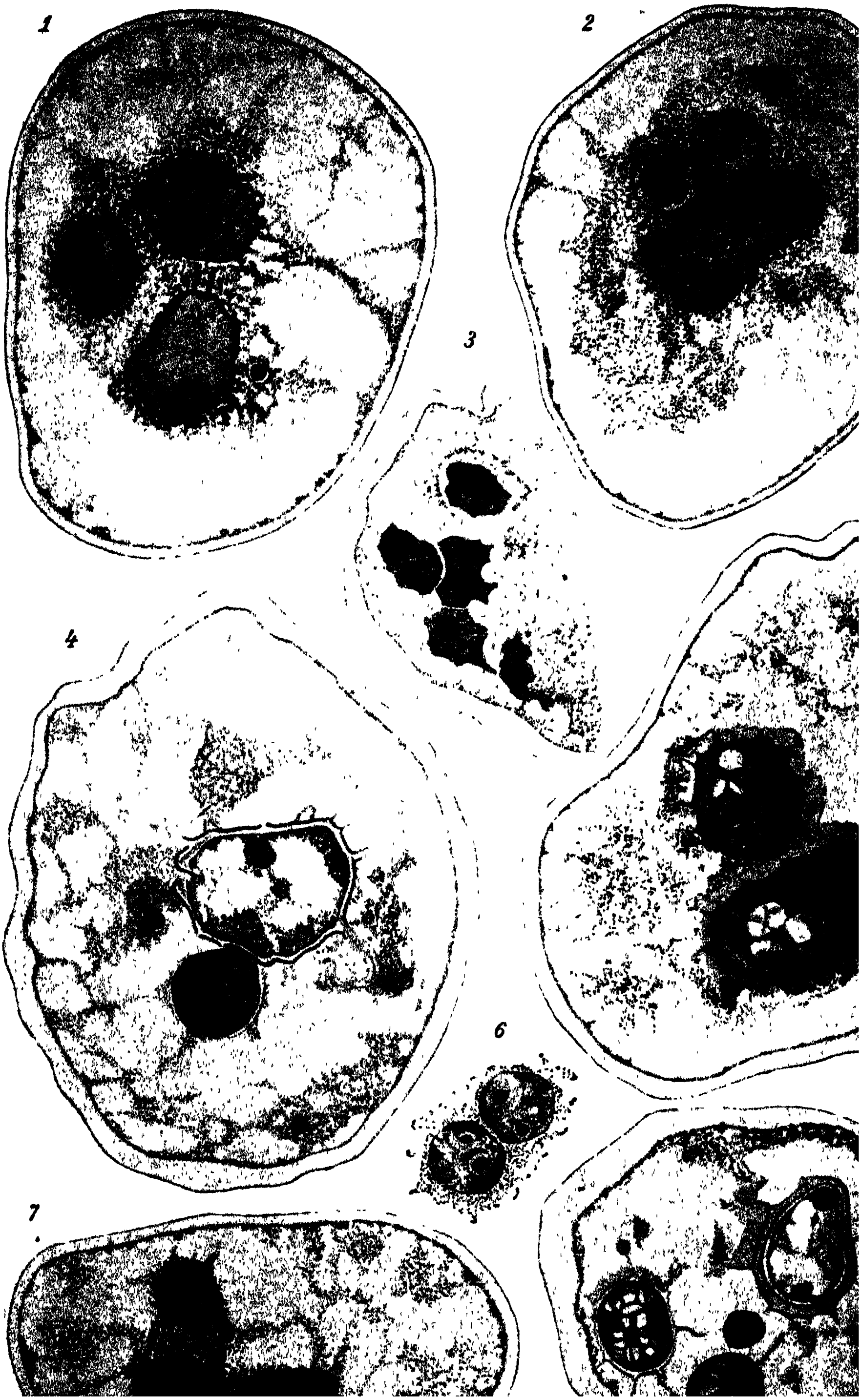
Hartmann M., Die Konstitution der Protistenkerne und ihre Bedeutung für die Zellenlehre. Jena, 1911.

Lotsy J., Vorträge über botanische Stammesgeschichte. Jena, 1907.

Schussnig B., Der Zellkern der Protophyten. Ber. d. Deutsch. bot. Gesellsch. 1920.

Wettstein R., Handbuch der systematischen Botanik. Wien, 1911.

Schussnig B.: Zur Kenntnis der Gattung *Tuber*.



Phytoplankton aus Seen von Mazedonien

Von

Dr. Bruno Schröder (Breslau)

(Mit 12 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. April 1921)

Überblickt man den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse von dem Plankton der europäischen Seen, so ergibt sich, daß insbesondere über die Seen von Nord- und Mitteleuropa eine bereits erstaunliche Fülle von Beobachtungen über die Qualität und die Quantität, über die Ökologie und die Biologie der Schwebewesen vorliegen. Weitaus weniger wissen wir über das Seenplankton Südeuropas, das sich bekanntlich in drei Halbinseln, der Iberischen, der Apenninischen und der Balkanischen Halbinsel in das Mittelmeer hinein erstreckt. Die Apenninhalbinsel mit ihren großen oberitalienischen und den kleineren mittelitalienischen Seen ist durch die Arbeiten von Pavesi, Rina Monti, Forti, Garbini u. a. noch einigermaßen gut erforscht, aber über die Iberische und die Balkanische Halbinsel gibt es nur einige Mitteilungen, die von dem Phytoplankton des Süßwassers der genannten Gebiete handeln. Dieser Umstand findet seine natürliche Erklärung darin, daß die zuletzt genannten Halbinseln keinen so großen Reichtum an Seen aufweisen, wie die von mehreren Vereisungen während des Diluviums heimgesuchten nord- und mitteleuropäischen Länder, und außerdem ist das Innere jener beiden Halbinseln schwer zugänglich, sobald man gezwungen ist, vom Schienenwege abzuweichen.

Über das Phytoplankton der Balkanhalbinsel erschien zuerst eine kleine Abhandlung von Brunnthaler (1900), die über Schwebepflanzen aus dem Prošćansko Jezero, dem größten See von Plitvice in Kroatien, einige Auskunft gibt. Es wurden 13 Arten aus diesem See aufgezählt, also nur eine geringe Zahl, da der See 800 *m* über dem Meere gelegen ist und demzufolge wie alle Bergseen eine gewisse Armut an Phytoplankton aufweist. Eine größere Anzahl von Schwebeflanzen fand Forti (1902) im Skutarisee in Albanien, der nur 6 *m* über dem Spiegel der Adria liegt und über 300 km^2 groß ist. Forti konnte aus ihm 38 Algen nachweisen, unter denen allerdings einige Grundformen mit aufgenommen sind, die sich ins Plankton verirrt hatten. Dieses setzt sich hauptsächlich aus

Schizophyceen, Bacillariaceen und Chlorophyceen zusammen und dürfte in systematischer Hinsicht ausreichend untersucht sein.

Außerdem hatte ich selbst Gelegenheit, zwei Brakwasserseen an der dalmatinischen Küste hinsichtlich ihrer Schwebepflanzen kennen zu lernen. Von Rovigno aus unternahm ich mit dem Stationsdampfer »Rudolf Virchow« im Jahre 1909 eine Fahrt nach der mittleren Adria, bei der ich auch den Prokljansee unweit der Krkafälle bei Sebeniko besuchte und dort Plankton sammelte, in dem 62 Arten von Schwebepflanzen gefunden wurden, darunter natürlich auch solche, die sonst als marin gelten (1911). Endlich erhielt ich von Prof. Steuer aus Innsbruck Material aus dem Vranasee bei Zara vecchia in Dalmatien. Es enthielt ebenfalls Brakwasserformen und stellte ein monotones Plankton von *Chaetoceras Wighami* Brightw. dar.

Aus dem Osten der Balkanhalbinsel kam Plankton vom Derkos-Göll, nordwestlich von Konstantinopel, zur Untersuchung, über das ebenfalls Forti Ergebnisse mitteilt, der dort über 40 Schwebepflanzen feststellte (1913).

Das ist alles, was wir bis jetzt über das Phytoplankton der Balkanhalbinsel wissen. Alle die genannten Gewässer liegen aber nur am Rande derselben. Über die Schwebepflanzen aus den Seen in dem unwegsamen Innern dieses Gebietes waren wir bisher völlig im Dunkeln. Deshalb ist es um so dankenswerter und für die Wissenschaft um so wertvoller, daß Geheimrat Doflein mit teilweiser Unterstützung durch Dr. Nachtsheim während des Weltkrieges bei ihrem Aufenthalte in Mazedonien nicht verfehlt haben, aus den großen Seen an der serbisch-albanisch-griechischen Grenze ungeachtet der damals quer über diese Seen gehenden Frontlinien der feindlichen Armeen Plankton zu sammeln. Es handelt sich dabei um den Doiransee, der östlich vom mittleren Wardartale gelegen ist, und um die sogenannten dessaretischen Seen, den Prespa- und den Ochridasee, die westlich davon ungefähr unter derselben Breite, aber in größerer Meereshöhe liegen. Die Proben konnten aus den eben genannten Gründen zum Teil nur des Nachts unter dem Schutze der Dunkelheit gefischt werden und zwar von Booten aus, deren Seetüchtigkeit manches zu wünschen übrig ließ (1921). Schon an der Fangstelle wurde das gefischte Material mit Formol konserviert und mir später zur Bearbeitung seines Phytoplanktons übergeben.

Da ich vermutete, daß vielleicht im Naturhistorischen Staatsmuseum in Wien ebenfalls Material aus mazedonischen Seen aufbewahrt sein könnte, wandte ich mich durch gütige Vermittelung von Steuer an das genannte Institut mit dem Erfolge, durch Dr. Pesta von dort mehrere der gewünschten Planktonproben zu erhalten, die Dr. Sturany schon 1891 aus dem Doiran- und dem Ochridasee gesammelt hatte. Stammten die Proben von Doflein vorwiegend aus dem Frühjahre und dem Sommer, so waren die von Sturany im Herbste entnommen. Auch hatte letzterer 1891 noch den Ventroksee südöstlich vom Prespasee abgefischt, der 1917/18 im feindlichen besetzten Gebiete lag und deshalb für Doflein nicht zugänglich war. So bildete das Material Sturany's, das sich, in Spiritus aufbewahrt, sehr gut erhalten hatte, eine willkommene Ergänzung zu dem von Doflein, besonders da ersteres reichhaltig an Schwebepflanzen war, während letzteres mehr Zooplankton enthielt.

Über die oro- und hydrographischen Verhältnisse des mazedonischen Seengebietes findet man ausführlichere Angaben in den Abhandlungen von Nikolaides (1903), von Cvijic (1908 und 1911), von Oestreich (1916) und von Doflein (1921), aus denen ich im folgenden nur das notwendigste kurz anführe.

1. Der Doiransee.

a) Beschreibung des Sees.

Der Doiransee (serbisch Polinin Jezero) ist der Prasiassee der Alten, von dem schon Herodot im V. Buche das Leben des auf Pfahlbauten im Schilfe des Sees hausenden Fischervolkes der Pelagonier schildert, deren Nachkommen auch jetzt noch einen Teil des Jahres in Pfahlbauten wohnen, was aus Lichtbildern zu ersehen ist, die Cvijic (1908) seinerzeit dort aufgenommen hat.

Das Becken des Doiransees ist fast kreisrund und etwa 42 *km*^{2} groß. Es läßt deutlich erkennen, daß der See früher größer war. Er gehört demnach zu den zusammengeschrumpften Seen und liegt in 148 *m* Meereshöhe in einem pleistocänen Einsturzkessel. Die Tiefe des Sees wird mit 10 *m* angegeben. Er hat einen kleinen Zufluß aus den Bergen von Osten. Sein Abfluß nach Süden ist nur zeitweilig bei Hochwasser vorhanden, während er in regenarmen Zeiten abflußlos ist. Sein Wasser ist klar, rein und von grüner bis gelblichgrüner Farbe, worauf schon sein alter griechischer Name hindeutet. Ein dichter, mehrere hundert Meter breiter Gürtel von 3 *m* hohem Schilf umsäumt teilweise seine Ufer, wo sie flach weit in den See hineingehen. Auf dieser untergetauchten Uferzone wachsen außer Schilf besonders *Ceratophyllum demersum* und andere Wasserpflanzen, und auf seinem Grunde hat man *Najas major* gefunden. Der Reichtum des Sees an Fischen ist bedeutend.

b) Inhalt der Proben.

Nr. 1. Oberflächenfang 16. V. 18. leg. Doflein.

1. *Dinobryon divergens* s.[1]
2. *Melosira granulata* s.
3. *Characium limneticum* h.

Viel Zooplankton.

---

[1] s. h. = sehr häufig, h. = häufig, n. s = nicht selten, s = selten und s. s. = sehr selten.

Nr. 2. Fang aus 5 *m* Tiefe. 16. V. 18. leg. Doflein.

1. *Dinobryon divergens* h.
2. *Melosira granulata* n. s.
3. *Scenedesmus quadricauda* s. s.
4. *Characium limneticum* n. s.

Viel Zooplankton.

Nr. 3. Fang aus 8 *m* Tiefe. 16. V. 18. leg. Doflein.

1. *Dinobryon divergens* n. s.
2. *Melosira granulata* h.
3. *M. crenulata* var. *tenuis* s.
4. *Colacium vesiculosum* auf Copepoden n. s.
5. *Characium limneticum* n. s.

Viel Zooplankton.

Nr. 4. Fang aus 10 *m* Tiefe. 16. V. 18. leg. Doflein.

Wie Nr. 3.

Nr. 5. Oberflächenfang, draußen im See. 8. VIII. 17. leg. Doflein.

1. *Chroococcus limneticus* s. s.
2. *Clathrocystis aeruginosa* n. s.
3. *Coelosphaerium Kützingianum* s.
4. *Anabaena planctonica* n. s.
5. *A. Flos-aquae* s.
6. *Aphanizomenon Flos-aquae* n. s.
7. *Cyclotella Schroeteri* s. s.
8. *Stephanodiscus Astraea* s. s.
9. *Melosira granulata* s. h.
10. *Closterium pronum* s.
11. *Mallomonas* spec. s. s.
12. *Synura uvella* s. s.
13. *Dinobryon divergens* h.
14. *Dinobryon stipitatum* var. *elongatum* s. s.
15. *Peridinium bipes* s. s.
16. *P. munusculum* h.
17. *P. polonicum* s. s.
18. *Sphaerocystis Schroeteri* s.
19. *Pandorina Morum* s. s.
20. *Eudorina elegans* s. s.
21. *Characium limneticum* h.
22. *Tetraedron minimum* s. s.
23. *Scenedesmus quadricauda* s. s.
24. *Pediastrum Boryanum* s. s.
25. *P. duplex* var. *clathratum* s. s.
26. *P. incisum* s. s.
27. *P. incisum* var. *rota* s. s.
28. *Coelastrum cambricum* var. *intermedium* s. s.

Nr. 6. Oberflächenfang, Nähe der Schilfregion. 8. VIII. 17. leg. Doflein.

1. *Clathrocystis aeruginosa* s.
2. *Anabaena planctonica* n. s.
3. *A. macrospora* n. s.
4. *Aphanizomenon Flos-aquae* s.
5. *Melosira granulata* s. h.
6. *Dinobryon divergens* h.
7. *Colacium vesiculosum* n. s.
8. *C. arbuscula* s.
9. *Peridinium Cunningtonii* var. *pseudoquadridens*
10. *P. munusculum* h.
11. *P. munusculum* var. *spiniferum* s.
12. *Sphaerocystis Schroeteri* s.
13. *Pediastrum Boryanum* s. s.

Nr. 7. Oberflächenfang, innere Zone. 8. VII. 17. leg. Doflein.

1. *Chroococcus limneticus* s. s.
2. *Clathrocystis aeruginosa* s.
3. *Anabaena planctonica* s.
4. *A. Flos-aquae* n. s.
5. *Aphanizomenon Flos-aquae* s.
6. *Stephanodiscus Astraea* s. s.
7. *Melosira granulata* s. h.
8. *Dinobryon divergens* n. s.
9. *Peridinium munusculum n. s.*
10. *P. Cunningtonii* var. *pseudoquadridens* s.
11. *Sphaerocystis Schroeteri* s. s.
12. *Planctonema Lauterbornii* s.

Nr. 8. Oberflächenfang. 30. IX. 91. leg. Sturany.

1. *Chroococcus limneticus* s.
2. *Clathrocystis aeruginosa* h.
3. *Lyngbya Lagerheimii* n. s.
4. *Anabaena* spec. *steril.* n. s.
5. *A.* spec. *steril.* s.
6. *Melosira granulata* n. s.
7. *Colacium arbuscula* s. s.
8. *Sphaerocystis Schroeteri* s. s.
9. *Characium limneticum* s. s.

Viel Zooplankton.

c) Schilderung des Phytoplanktons.

Aus dem Doiransee kamen Proben aus drei Jahreszeiten zur Untersuchung, nämlich aus dem Frühjahr (Mai) 1918, dem Sommer (Juli) 1917 und dem Herbst (Ende September) 1891. Diese Proben zeigten merkliche Unterschiede in ihrer Zusammensetzung. Das Frühlingsplankton charakterisierte sich durch vorwiegende Anwesenheit von Zooplankton, doch trat dazwischen vereinzelt *Dinobryon divergens* und *Melosira granulata* auf, sowie auf der Cladocere *Diaphanosoma* recht häufig *Characium limneticum*. Im allgemeinen aber war das Frühjahrsplankton sonst recht arm an Arten und Individuen. Wesentlich anders zeigte sich das Sommerplankton. In diesem traten die tierischen Schwebeformen hinter den pflanzlichen zurück und dafür wurde *Melosira granulata* häufiger. *Dinobryon divergens* kam reichlicher vor und daneben allerdings selten *D. stipitatum* var. *elongatum*. Auch die Schizophyceen machten sich mehr bemerkbar, besonders *Anabaena*-Arten und *Aphanizomenon*. Ferner waren *Peridinium*-Arten im Plankton anzutreffen und einige Grünalgen aus dem Genus *Pediastrum*. Im Herbstplankton gewannen die tierischen Schwebeformen wieder die Oberhand, und von Schwebepflanzen war nur *Clathrocystis aeruginosa* häufiger. Hin und wieder fand man noch *Lyngbya Lagerheimii*, sterile *Anabaena*-Fäden und *Melosira granulata*, alle übrigen Phytoplanktonten des Sommers waren sehr selten geworden oder fehlten ganz. Mehr läßt sich über die jahreszeitliche Verteilung nach den Proben, die aus drei verschiedenen Jahren stammen und von zwei verschiedenen Forschern gesammelt wurden, nicht gut sagen. Bezüglich der regionalen vertikalen Verteilung des Frühjahrsplanktons kann nur bemerkt werden, daß die Artenzahl bis zu einer gewissen Tiefe um ein geringes zunimmt, handelt es sich doch dabei um Plankton, das in der Nacht gefischt worden ist. Hinsichtlich der horizontalen Verteilung zeigt der Oberflächenfang draußen im See (Nr. 5) die größte Artenzahl.

Nebenbei sei bemerkt, daß bei dem Material von Probe Nr. 5 aus dem Doiransee das Netz untergetauchte oder schwimmende Wasserpflanzen gestreift haben muß, denn es fanden sich in dieser Probe eine Menge verschiedener Grundformen der Diatomaceen. Da über diese Algen von der Balkanhalbinsel nur wenig bekannt ist, sei es mir gestattet, die selteneren unter ihnen in systematischer Reihenfolge hier anzuführen, auch wenn sie nicht direkt zum Phytoplankton mazedonischer Seen gehören:

Cyclotella Meneghiniana Kütz., *C. comta* (Ehrenb.) Kütz., *Fragilaria capucina* var. *acuta* (Ehrenb.) Grun., *Synedra ulna* var. *spatulifera* Grun., *S. radians* Kütz., *Navicula ambigua* Ehrenb., *Amphipleura pellucida* Kütz., *Gomphonema gracile* Ehrenb., *G. constrictum* var. *capitata* Ehrenb., *Rhoicosphenia curvata* Kütz., *Cymbella Ehrenbergii* Kütz., *C. cymbiformis* (Ag.) Kütz., *C. parva* W. Sm., *Epithemia turgida* var. *Westermannii* Kütz., *E. Sorex* Kütz., *E. Argus* Kütz., *Rhopalodia gibba* (Ehrenb.) Müller, *Nitzschia sigmoidea* (Nitzschi) W. Sm., *Cymatopleura solea* var. *apiculata* Grun., *Surirella biseriata* Bréb., *S. elegans* Ehrenb. und *Campylodiscus noricus* Ehrenb.

2. Der Prespasee.

a) Beschreibung des Sees.

Der Prespasee (serbisch Prespansko Jezero) ist mit 288 *km*² der größte der mazedonischen Seen. Er liegt auch am höchsten, nämlich 857 *m* über dem Meere. Seine Oberfläche hat eine unregelmäßige Gestalt und weist drei größere Buchten auf der Westseite und eine im Südosten auf. In ihm ist auch eine Insel gelegen und zwar gegen das Westufer zu. Der See wird von stattlichen Gebirgszügen eingeschlossen, die teilweise in steilen Wänden in ihn abfallen. Auch er liegt in einer Einbruchsfalte und hat eine Tiefe von 54 *m*. Er bekommt von Norden zwei größere Zuflüsse von den Bergen her. Ein Abfluß ist nicht vorhanden. Trotzdem ist das Niveau des Sees erheblichen Schwankungen ausgesetzt, deshalb glauben die dortigen Bewohner, daß er sein Wasser unterirdisch in den tiefer gelegenen Ochridasee abgebe, wofür allerdings keinerlei Beweise vorliegen. Das Ufer des Sees verflacht sich nur nach dem nördlichen Teile bei Podmocani und geht in der Umgebung dieses Ortes in ein ausgedehntes Sumpfgelände über, aus dem übrigens Georgevitch (1910) eine größere Anzahl Desmidiaceen angegeben hat. In diesem Übergangsgebiete und auch sonst an manchen Stellen ist ebenfalls wie im Doiransee ein mehrere hundert Meter breiter Gürtel von hohem Schilfe anzutreffen, ebenso gibt es dort auch inselartige Schilfhorste weiter seewärts. Untergetauchte Gefäßpflanzen werden bisher aus diesem See nicht erwähnt.

b) Inhalt der Proben.

Nr. 1. Oberflachenfang. 21. VII. 18. leg. Doflein.

1. *Cladothrix dichotoma* s. h.
2. *Anabaena planctonica* n. s.
3. *A. macrospora* s.
4. *A. affinis* s. s.
5. *A. spiroides* s. s.
6. *A. Flos-aquae* s.
7. *Aphanizomenon Flos-aquae* s
9. *Trichodesmium lacustre* s.
10. *Closterium aciculare* var. *subpronum* s. s
11. *Diplosigopsis frequentissima* s. s.
12. *Dinobryon stipitatum* var. *lacustris* s. h.
13. *D. divergens* n. s.
14. *Colacium vesiculosum* n. s.
15. *C. arbuscula* s.
16. *Staszicella dinobryonis* h.
17. *Ceratium hirundinella* n. s.

18. *Peridinium Cunningtonii* var. *pseudoquadridens* s.
19. *P. minusculum* n. s.
20. *Sphaerocystis Schroeteri* s.
21. *Pandorina Morum* s. s.
22. *Oocystis pusilla* s. s.
23. *Lagerheimia Dofleinii* s. s.
24. *Characium limneticum* h.
25. *Scenedesmus quadricauda* s. s.
26. *Pediastrum Boryanum* var. *longicorne* s. s.

Nr. 2. Fang aus 7 bis 10 *m* Tiefe. 21. VII. 18. leg. Doflein.

1. *Cladothrix dichotoma* s. h.
2. *Anabaena planctonica* s.
3. *A. affinis* s. s.
4. *A. spiroides* s. s.
5. *A. Flos-aquae* s.
6. *Dinobryon stipitatum* var. *lacustris* s. h.
7. *D. divergens* s. s.
8. *Closterium aciculare* var. *subpronum* s. s.
9. *Ceratium hirundinella* n. s.
10. *Peridinium Cunningtonii* var. *pseudoquadridens* s. s.
11. *Characium limneticum* h.

Viel Zooplankton.

Nr. 3. Oberflächenfang in der Schilfzone 21. VII. 18. leg. Doflein.

1. *Cladothrix dichotoma* h.
2. *Anabaena planctonica* s.
3. *A. Flos-aquae* s. s.
4. *Dinobryon stipitatum* var. *lacustris* s h.
5. *Ceratium hirundinella* s.
6. *Peridinium Cunningtonii* var. *pseudoquadridens* s. s.
7. *Sphaerocystis Schroeteri* s. s.
8. *Characium limneticum* s.
9. *Pediastrum Boryanum* var. *longicorne* s. s.

Nr. 4. Fang aus 3 bis 5 *m* Tiefe. 22. VII. 18. leg. Doflein.

1. *Cladothrix dichotoma* n. s.
2. *Dinobryon stipitatum* var. *lacustris* n. s.
3. *Ceratium hirundinella s.*
4. *Colacium vesiculosum* n. s.
5. *Characium limneticum* n. s.

Viel Zooplankton.

Nr. 5. Fang aus 10 bis 12 *m* Tiefe. 22. VII. 18. leg. Doflein. Wie Nr. 4, aber noch mehr Zooplankton.

Nr. 6. Oberflächenfang. 22. VII. 18. leg. Doflein. Wie Nr. 1.

c) Schilderung des Phytoplanktons.

Die vorherrschende Alge im Phytoplankton des hochgelegenen Prespasees ist *Dinobryon stipitatum* var. *lacustris*, an der als Planktonepibiont (1914) *Staszicella dinobryonis* häufig vorkommt. Fast ebenso häufig ist *Cladothrix dichotoma*. Von Anabaenen ist *A. planctonica* noch am meisten zu finden, die anderen weniger. Nicht selten kommt auch *Ceratium hirundinella* vor und zwar im *Carinthiacum*-Typus allerdings nur vereinzelt, im *Furcoides*-Typus mit dem kräftigen, langen Postäquatorialhorne häufiger. *Colacium vesiculosum* und *Characium limneticum* sind als Planktonepibionten hin und wieder auf Copepoden und Cladoceren anzutreffen. Auffallend ist das gänzliche Fehlen der Bacillariaceen im Plankton des Prespasees während der Fangzeit. Ob auch zu anderen Zeiten keine Kieselalgen in diesem See planktonisch vorkommen, ist noch zu untersuchen. Als große Seltenheit wurde hier *Lagerheimia Dofleinii* in wenigen Exemplaren aufgefunden. Hinsichtlich der vertikalen Verteilung des Phytoplanktons zeigte das des Prespasees im Gegensatz zu dem aus dem Doiransee eine erhebliche Abnahme der Schwebepflanzen nach der Tiefe zu, besonders bei den Proben Nr. 4 und 5, in denen das Zooplankton aber in den tieferen Regionen reicher an Individuen war als oberflächlich. Eigentümlich ist das reiche Vorkommen von *Cladothrix dichotoma*, die ich auch anderwärts schon im Plankton gefunden habe (1917), obgleich dieser Spaltpilz eine Uferform ist.

3. Der Ventroksee.

a) Beschreibung des Sees.

Der Ventroksee gehört politisch zu Griechenland, ebenso wie die Südhälfte des Prespasees, von dem ersterer südsüdöstlich liegt und nur durch eine niedrige, etwa 1 *km* breite und $2^1/_4$ *km* lange Barre abgetrennt ist. Auch der Ventroksee ist von hohen Gebirgen umschlossen. Er hat weder Zu- noch Abfluß. Seine Meereshöhe beträgt ungefähr 850 *m*, und seine Größe dürfte 65 km^2 nicht übertreffen. Die Gestalt seiner Oberfläche gleicht in vieler Beziehung der des Prespasees in verkleinertem Maßstabe, denn das nördliche Hauptbecken, in dem sich eine Insel befindet, ist rundlich, und nach Südwesten zieht sich ein fjordartiger Ausläufer als schmale Bucht. Über die wahrscheinlich nicht unbedeutende Tiefe des Ventroksees sowie über seine etwaige Grund- und Ufervegetation konnte ich nichts ermitteln.

b) Verzeichnis der Proben.

Nr. 1. Oberflächenplankton. 20. X. 1891. leg. Sturany.

1. *Chroococcus limneticus* s. s.
2. *Clathrocystis aeruginosa* s. h.
3. *Lyngbya Lagerheimii* h.
4. *Anabaena spiroides* s.
5. *A. macrospora* n. s.
6. *A. Flos-aquae* s.
7. *Aphanizomenon Flos-aquae* s. s.
8. *Melosira ambigua* n. s.
9. *Dinobryon divergens* n. s
10. *D. stipitatum* var. *lacustris* n. s.
11. *Ceratium hirundinella* n. s.
12. *Staurastrum paradoxum* s.
13. *Sphaerocystis Schroeteri* s. s.
14. *Pediastrum triangulum* h.
15. *P. angulatum* var. *araneosum* s s.
16. *P. duplex* var. *lividum* s. s
17. *P. duplex* var. *clathratum* s.
18. *P. duplex* var. *reticulatum* n. s.
19. *P. duplex* var. *subgranulatum* s. s.
20. *P. biradiatum* n. s.

c) Schilderung des Phytoplanktons.

Die häufigste Alge im Herbstplankton des Ventroksees war *Clathrocystis aeruginosa*. Sie dominierte und bildete wahrscheinlich zur Zeit des Einsammelns der Probe eine Wasserblüte. Spärlicher waren die Anabaenen vertreten, sehr selten *Aphanizomenon*, während sich *Lyngbya Lagerheimii* häufiger zeigte, ebenso wie Dynobryen, die noch häufiger waren. Von Bacillariaceen war nur *Melosira crenulata* var. *tenuis* in mittellangen Ketten anzutreffen und von Desmidiaceen selten *Staurastrum paradoxum*. *Ceratium hirundinella* trat vereinzelt nur in dem *Furcoides*-Typus mit dem langen, kräftigen Postäquatorialhorne auf. Besonders bemerkenswert und für den Ventroksee charakteristisch ist das Vorkommen von verschiedenen Arten von *Pediastrum*, namentlich von *P. triangulum* und *P. duplex*, letzteres in mehreren Varietäten. Es ist überraschend, daß *P. triangulum*, das sonst gewöhnlich nur in Flachlandseen gefunden worden ist, in ein so hochgelegenes Gebirgsgewässer wie der Ventroksee, hinaufgeht und sich dort auch wohl zu fühlen scheint, da es so reichlich und in den verschiedenen Formen vorkommt. Die südliche Lage dieses Sees und die damit verbundene stärkere Erwärmung desselben durch die Sonne sind es wahrscheinlich, die dieses merkwürdige Vorkommen erklärlich machen.

4. Der Ochridasee.

a) Beschreibung des Sees.

Der westlichste der dessaretischen Seen ist der Ochridasee. Es ist etwas kleiner als der Prespasee, denn seine Oberfläche mißt 270 *km*², aber er darf wohl wegen seines kobaltblauen Wassers und seiner reizvollen Umgebung als der schönste der Seen Mazedoniens bezeichnet werden. Überdies ist er das tiefste Einbruchsbecken, denn seine größte Tiefe beträgt 285 *m*. In einer Meereshöhe von 687 *m* zieht er sich länger als breit in fast südlicher Richtung zwischen steilabfallenden Bergwänden hin und nimmt im Osten, Süden und Westen mehrere Bergbäche auf, während im Norden der Schwarze Drin das Wasser des Ochridasees zur Adria ableitet. Nur am Nordrande bei Struga findet sich ein Stück Schilfgürtel, der aber nicht die Breite wie in den anderen Seen Mazedoniens aufweist, sonst hat der See nur Steilufer und in stürmischen Zeiten erheblichen Wellenschlag. Auch dieser See ist außerordentlich fischreich, besonders an Forellen.

b) Inhalt der Proben.[1]

Nr. 1 (20). Fang aus 5 *m* Tiefe nördlich der Bucht von Lin. 30. VII. 18. leg. Doflein.

1. *Dinobryon stipitatum* var. *lacustris* s.
2. *Colacium vesiculosum* h.
3. *C. arbuscula* s.
4. *Characium limneticum* h.

Viel Zooplankton.

Nr. 2 (23). Oberflächenfang vor der Schilfzone, Bucht von Struga. 30. VII. 18. leg. Doflein.

1. *Dinobryon stipitatum* var. *lacustris* s.
2. *Colacium vesiculosum* h.
3. *C. arbuscula* s. s.
4. *Ceratium hirundinella* s.
5. *Staurastrum gracile* s. s.
6. *S. paradoxum* s. s.
7. *Sphaerocystis Schroeteri* s.
8. *Characium limneticum* h.

---

[1] Aus dem Ochridasee erhielt ich von Doflein 14 Proben, die fast ausschließlich Zooplankton enthielten, da sie zum Teil aus größerer Tiefe (50 bis 200 *m*) stammten. Im Nachfolgenden sind nur die Proben angeführt, welche pflanzliche Schwebewesen enthalten.

Nr. 3 (25). Oberflächenfang unweit des Landes, Höhe von Sv. Stefan. 1. VIII. 18. leg. Doflein.

1. *Anabaena Flos-aquae* s.
2. *Dinobryon divergens* var. *Schauinslandii* s.
3. *Dinobryon stipitatum* var. *lacustris* s.
4. *Colacium vesiculosum* h.
5. *Ceratium hirundinella* s.
6. *Sphaerocystis Schroeteri* s.
7. *Characium limneticum* h.
8. *Spirogyra* spec. n. s.
9. *Zygnema* spec. n. s.

Nr. 4. Oberflächenfang. 14. IX. 17. leg. Doflein.

1. *Ceratium hirundinella* s. s.
2. *Staurastrum gracile* s.
3. *Sphaerocystis Schroeteri* s. s.

Nr. 5. Fang vom 10. X. 91, unweit von Struga; leg. Sturany.

1. *Clathrocystis aeruginosa* n. s.
2. *Lyngbya Lagerheimii* n. s.
3. *Anabaena Flos-aquae* s.
4. *A. discoidea* n. s.
5. *Dinobryon divergens* var. *Schauinslandii* s. h.
6. *D. stipitatum* var. *lacustris* n. s.
7. *Ceratium hirundinella* n. s.
8. *Peridinium Cunningtonii* var. *pseudoquadridens* s. s.
9. *Melosira granulata* h.
10. *M. Roeseana* s.
11. *Closterium aciculare* var. *subpronum* n. s.
12. *Staurastrum paradoxum* s.
13. *Scenedesmus opoliensis* s. s.
14. *Pediastrum ovatum* s. s.
15. *P. Boryanum* s. s.
16. *P. Boryanum* var. *longicorne* s. s.
17. *Characium limneticum* s.

c) Schilderung des Phytoplanktons.

Wie oben schon angeführt, wurde das Plankton des Ochridasees, das Doflein und Nachtsheim Ende Juli und Anfang August sowie Mitte September teilweise im nächtlichen Dunkel gesammelt hatten, auch in den oberflächlichen Schichten fast ausschließlich von tierischen Schwebeformen gebildet, gegen die die pflanzlichen Schwebeformen während dieser Zeit ganz außerordentlich zurücktraten, allerdings mit Ausnahme der beiden Planktonepibionten *Colacium* und *Characium limneticum*, die an Krebstieren häufig an deren Hinterende festsaßen und sich von ihnen tragen ließen. Schon die von Doflein (l. c.) erwähnte kobaltblaue Farbe des Wassers des Ochridasees deutet darauf hin, daß nur wenig Kleinplankton in ihm enthalten ist, denn »Blau ist die Wüstenfarbe des Wassers« (Schütt).

Reichhaltiger und aus nicht weniger als 17 Arten bestehend ist der Fang, den Sturany im ersten Drittel des Oktober 1891 ausführte. In dieser Probe waren zwar auch viele tierische Schwebeformen enthalten, aber sie waren reichlich untermischt mit *Dinobryon* und *Melosira granulata*, unter denen auch *Clathrocystis aeruginosa*, *Lyngbya Lagerheimii*, *Anabaena discoidea*, *Ceratium hirundinella* und *Closterium aciculare* var. *subpronum* nicht selten zu finden waren. Von *Ceratium hirundinella* mag noch besonders hervorgehoben werden, daß der Piburgensetypus häufig auftrat, der auch im Alpengebiete öfter beobachtet wurde. Als Seltenheit sei noch *Pediastrum ovatum* erwähnt.

Bezüglich der vertikalen Verteilung des Phytoplanktons aus dem Ochridasee muß bemerkt werden, daß in den Proben aus größeren Tiefen 50 bis 200 nur ganz ausnahmsweise sich eine oder die andere pflanzliche Schwebeform (z. B. *Dinobryon stipitatum* var. *lacustris*) fand, die nur zufällig in das Netz geraten sein konnte.

Systematisches Verzeichnis der in den mazedonischen Seen gefundenen Schwebepflanzen.

Abteilung *Schizophyta.*

Klasse Schizomycetes.

Ordnung *Eubacteria.*

Familie **Phytobacteriaceae.**

Gattung **Cladothrix** Cohn.

1. *C. dichotoma* Cohn (1875, p. 185, tab. 5, fig. 8).
Prespasee.

Klasse Schizophyceae.

Ordnung *Coccogoneae.*

Familie **Chroococcaceae.**

Gattung **Chroococcus** Naegeli.

2. *Ch. limneticus* Lemmermann (1898, p. 153, und 1899, p. 132, tab. 1, fig. 22 und 23).
Doiransee, Ventroksee.

Gattung **Microcystis** Kützing.

3. *M. aeruginosa* Kütz. (1845, p. 6, tab. 8).
Doiransee, Ventroksee, Ochridasee.

4. *M. Flos-aquae* (Wittrock) Kirchner (1898, p. 56, fig. 49 *N*).
Doiransee.

Gattung **Coelosphaerium** Naegeli.

5. *C. Kuetzingianum* Naegeli (1849, p. 54, tab. 1 *C*).
Doiransee.

Ordnung *Hormogoneae.*

Familie **Oscillatoriaceae.**

Gattung **Lyngbya** C. A. Agardh.

6. *L. Lagerheimii* (Moebius) Gomont (1893, p. 167, tab. 4, fig. 6 und 7; *L. contorta* Lemmerm. 1898, p. 202, tab. 5, fig. 10 bis 13; *L. circumcreta* G. S. West 1907, p. 174, tab. 9, fig. 7; *L. Lagerheimii* (Moeb.) Gomont bei Ostenfeld 1908, p. 335, fig. 2).
Doiransee, Ventroksee, Ochridasee.

Ordnung *Heterocysteae.*

Familie **Nostocaceae.**

Gattung **Anabaena** Bory.

7. *A. planctonica* Brunnthaler (1903, p. 292; Virieux 1913, p. 7 in sep. fig. 7; G. M. Smith 1920, p. 56, tab. 8, fig. 2).
Doiransee, Prespasee.

Diese Art zeigt in vieler Hinsicht große Ähnlichkeit mit *A. macrospora* Klebahn, unterscheidet sich aber von letzterer durch die Gestalt der reifen Sporen. Diese sind bei *A. planctonica* im optischen Querschnitt elliptisch, bei *A. macrospora* dagegen fast sechseckig. Außerdem zeigte sich sowohl in den Proben aus dem Doiran- wie aus dem Prespasee ein eigentümliches Vergallerten nicht nur der äußeren Membranlamellen der Heterocysten, sondern zuweilen auch derjenigen der jungen Sporen, wie dies bereits Virieux (l. c.) zeichnete (fig. 7 *a*, *c* und *e*), ohne indessen näher darauf einzugehen. Bei den mazedonischen Formen war diese Erscheinung besonders stark ausgebildet. Virieux gibt in seiner Fig. 7 *a* und *c* die Gallertkappen an den Heterocysten in dreieckiger Form an. Diesen Zustand sah ich auch, außerdem beobachtete ich aber noch größer und weiter gestaltete Schleimkappen. Ebenso fand ich gleich Virieux an jüngeren Sporen eine ähnliche Vergallertung der äußeren Hautschichten. Eigentümlich ist es bei *A. planctonica*, daß die gemeinsame Hüllgallerte des Fadens (Breite der Hülle 23 bis 32 μ) bei Fäden mit reifen Sporen an der Stelle der Heterocysten etwas eingeschnürt war, während sie um die Sporen selbst fehlte, was insofern erklärlich sein dürfte, als ja die Sporen nach Zerfall des Fadens auf den Grund des Gewässers sinken und für sie also eine Hüllgallerte als Schwebemittel nicht mehr in Betracht kommt (Fig. 1).

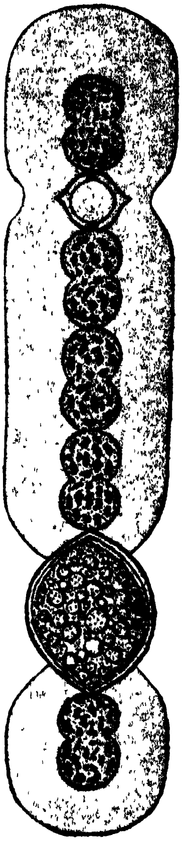


Fig. 1.

Anabaena planctonica Brunnthaler.

Aus dem Prespasee. $825/_1$.

Mit Gallerthülle und reifer Spore

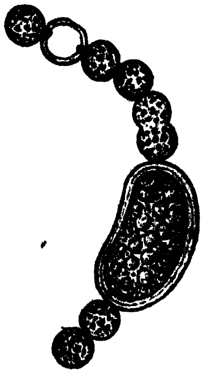


Fig. 2.

Anabaena discoidea (Schmidle) Ostenf.

Teil eines Fadenbündels mit reifer Spore aus dem Ochridasee. $825/_1$.

8. *A. macrospora* Klebahn (1895, p. 29, taf. 4, fig. 16 bis 18). Prespasee, Ventroksee.

9. *A. affinis* Lemmerm. (1897), p. 261, taf. 1, fig. 12 bis 13 und fig. 16 bis 17).
   Prespasee.
10. *A. spiroides* Klebahn (1895, p. 28, taf. 4, fig. 11 bis 13).
    Prespasee, Ventroksee.
11. *A. Flos-aquae* (Lyngbye) de Brébisson; nach Klebahn (1895, p. 27, tab. 4, fig. 21 und 22).
    Doiransee, Prespasee, Ventroksee, Ochridasee.
12. *A. discoidea* (Schmidle) Ostenf. (1908, p. 334, fig. 1; *A. Flos-aquae* (Lyngbye) de Bréb., forma *discoidea* Schmidle 1902, p. 61.
    Ochridasee.

Anabaena discoidea ist meines Wissens bisher nur im Nyassa- und im Viktoriasee in Afrika gefunden worden, wo sie in dicken, mehrschichtigen, kreisförmig zusammengerollten Scheiben, jedoch nur steril beobachtet wurde. Im Ochridasee bemerkte ich im Herbstplankton nur 3- bis 5-schichtige Scheiben, die aber reife Sporen trugen. Die Heterocysten waren wie die vegetativen Zellen (lat. 6 μ) kugelig, aber eine Wenigkeit größer (lat. 7 bis 8 μ) als die letzteren. Die bisher unbekannten Sporen sind wie die von *A. Flos-aquae* etwas gebogen, so daß sie nierenförmig aussehen. Auf der inneren Seite sind sie aber nicht gerade, sondern deutlich konkav (Fig. 2). Sie liegen von den Heterocysten durch vegetative Zellen getrennt und haben in reifem Zustande eine gelblichbraune Außenschicht. Ihre Länge beträgt 18 bis 20 μ, ihre Breite 10 bis 12 μ. Eine Gallerthülle um die Fäden konnte ich nicht nachweisen.

Gattung **Trichodesmium** Ehrenb.

13. *T. lacustre?* Klebahn (1895, p. 31, tab. 4, fig. 31 bis 33).
    Prespasee.

In Probe Nr. 1 aus dem Prespasee fand ich hin und wieder blaugrüne Flöckchen, die aus 10 und mehr perlschnurartigen, 400 bis 500 μ langen Fäden bestanden, deren Zellen im allgemeinen eine Dicke von 5 μ hatten und halb bis ebenso lang waren, während ihre Breite am Ende der Fäden nur 3 bis 4 μ betrug. Diese Flöckchen stimmten in ihrem Aussehen und in der Gestalt ihrer Zellen bis auf die Endzelle genau mit denen überein, die Klebahn l. c. beschrieben und abgebildet hat, nur daß bei ihm die Endzelle der Fäden etwas verlängert ist (l. c., fig. 32). Deshalb habe ich vorläufig die von mir gefundenen Flöckchen unter dem obigen Namen angeführt. Ich halte aber diese Gebilde nicht zu *Trichodesmium* gehörig, das nur in marinen Arten bekannt geworden ist, die stets im optischen Querschnitt quadratisch oder rechteckig aussehende

Zellen mit geraden Seitenwänden haben (siehe Wille, 1904, p. 53 bis 64, tab. 1, fig. 10 bis 27), während die in Rede stehende Flöckchenalge von Klebahn und die aus dem Prespasee ausgesprochen tonnenförmige Zellen besitzen. Aus demselben Grunde kann die Flöckchenalge auch nicht zu *Aphanizomenon* gestellt werden, wie dies Klebahn tun möchte, denn letzteres hat ebenfalls Zellen mit geraden Seiten. Neuerdings bildet G. M. Smith (1920, tab. 8, fig. 1) ein sogenanntes *Trichodesmium lacustre* ab, das ganz die gleichen Eigenschaften wie die Gebilde von Klebahn hat.

Vergleicht man jedoch die flöckchenartigen *Trichodesmium*-Gebilde mit Entwicklungsstadien, die De Bary als Keimfäden bei *Rivularia angulosa* (1863, tab. 1, fig. 13) und die Schwendener (1894, tab. 4, fig. 2) als ebensolche Gebilde bei der Keimung der Dauersporen von *Gloeotrichia Pisum* beobachteten, so kommt man zu der Überzeugung, daß auch die als *Trichodesmium lacustre* bezeichneten Flöckchen nichts als Keimfäden oder jugendliche Entwicklungsstadien einer Nostocacee, wahrscheinlich einer *Anabaena*, sind.

Gattung **Aphanizomenon** Morren.

14. *A. Flos-aquae* (L.) Ralfs bei Klebahn (1895, p. 31, tab. 4, fig. 27 bis 30).
Doiransee, Prespasee, Ventroksee.

Abteilung ***Flagellatae.***

Ordnung ***Protomastigales.***

Familie **Bicoecaceae.**

Gattung **Diplosigopsis** Francé. 1897.

15. *D. frequentissima* (Zach.) Lemm. (1903, p. 114, tab. 1, fig. 13).
Prespasee, an *Coelosphaerium.*

Ordnung ***Chrysomonadales.***

Familie **Chromulinaceae.**

Gattung **Mallomonas** Perty. 1852.

16. *M. tonsurans* Teiling (1912, p. 277, fig. 3).
Doiransee.

Familie **Hymenomonadaceae.**

Gattung **Synura** Ehrenb. 1838.

17. *S. uvella* Ehrenb. (1838, p. 61, fig. 9, 1 und 5).
Doiransee.

Familie **Ochromonadaceae.**

Gattung **Dinobryon** Ehrenb. 1835.

18. *D. divergens* Imhof (1887, p. 134); *Dinobryon cylindricum* var. *divergens* (Imhof) Lemmerm. (1900, p. 517, tab. 19, fig. 15 bis 20).

Doiransee.

Mit der Abgrenzung der Arten von *Dinobryon*, wie sie Lemmermann (1900, und später 1913 Pascher) gibt, bin ich nur zum Teil einverstanden, da es ihr an der nötigen Klarheit fehlt. Besser erscheint mir die von Brunnthaler (1901, *a*, *b*). Um meinerseits Unklarheiten zu vermeiden, gebe ich zu den von mir in den mazedonischen Seen gefundenen *Dinobryon*-Arten und -Varietäten Zeichnungen, an denen man erkennen kann, um was es sich handelt.

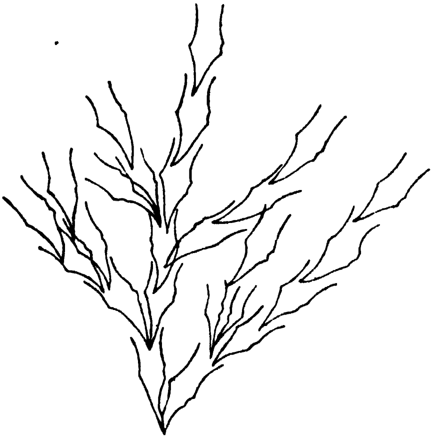


Fig. 3.

Dinobryon divergens Imhof aus dem Doiransee. 360/1.

Im Doiransee kommt namentlich im Frühjahrsplankton ein *Dinobryon* massenhaft vor, das ich für ein typisches *D. divergens* Imhof halte (Fig. 3). Es zeichnet sich durch überaus sparrigen Wuchs seiner Kolonien aus, deren Einzelzellen verhältnismäßig kurz sind (long. 20 bis 28 μ). Die Gehäuse zeigen dort, wo der Basalteil in die Mündung des Bechers übergeht, an der einen Seite eine, an der anderen zwei spitzenförmige Vorwölbungen. Der Basalteil ist stets schief kegelförmig und etwas gekrümmt, die Mündung erweitert.

17. *D. divergens* var. *Schauinslandii* Lemm. (1900, p. 516, tab. 19, fig. 9 bis 11).

Prespasee, Ventroksee, Ochridasee.

Diese Varietät zeichnet sich durch längere Gehäuse (long. 35 bis 50 μ, 8 μ breit) vor dem Typus aus. Die Seitenwände sind namentlich in der Mitte leicht wellenförmig, besonders über dem Basalteile bis fast an die Mündung. Durch die sparrige Verzweigung der Kolonien erweisen sie sich zu *D. divergens* gehörig (Fig. 4).

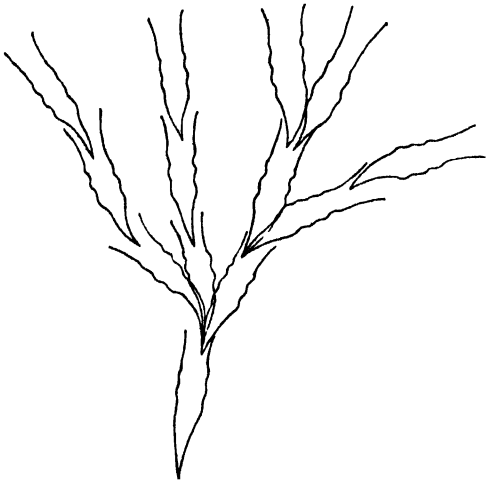


Fig. 4.

Dinobryon divergens var. *Schauinslandii* Lemmerm. aus dem Ventroksee. $360/_1$.

18. *D. stipitatum* Stein var. *lacustris* Chodat (1897, p. 120 und 306 bis 307, fig. 4 und 7, p. 305).
Doiransee, Prespasee, Ventroksee, Ochridasee.

Mit Brunnthaler (1901, p. 301) bin ich der Meinung, daß dieses *Dinobryon* mit den Formen von Chodat und nicht mit *D. sociale* Ehrenb. (1838, p. 125, tab. 8, fig. 9) identisch ist. Die Kolonien sehen besenartig aus und sind meist schmal und oft sehr verlängert. Auch die Gehäuse erreichen eine beträchtliche Länge, namentlich die obersten der Kolonie (bis 50 μ bei 8 μ Breite). Das Basalstück ist allmählich in einen langen, dünnen Stiel verjüngt, und die Seitenlinien sind nicht wellenförmig, sondern glatt. Die Mündung des Gehäuses ist deutlich erweitert. Der halsartige Fortsatz der Dauerzellenhülle geht ziemlich weit in die Gehäusemündung hinein (Fig. 5).

19. *D. stipitatum* var. *elongatum* (Imhof) Brunnthaler (1901, p. 303, fig. 5).
Doiransee.

Die Formen aus dem Doiransee weichen von der Abbildung bei Brunnthaler dadurch etwas ab, daß die Kolonien weniger sparrig und mehr büschelförmig eng zusammengedrängt sind. Die

Gehäuse gehen ebenfalls an der Mündung enger zusammen, als dies Brunnthaler abbildet. Sie sind 45 bis 55 μ lang und meist 5 μ breit (Fig. 6).

Gerade die Verengung des Gehäuses an der Mündung ist für *D. stipitatum* var. *elongatum* sehr charakteristisch und kommt sonst bei keinem anderen *Dinobryon* vor.

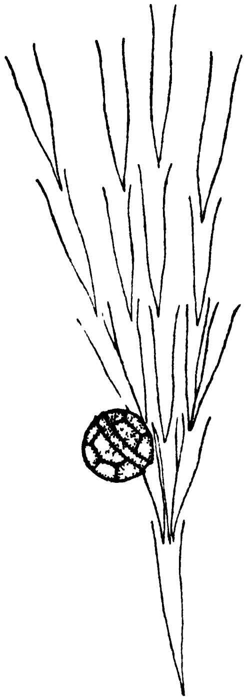


Fig. 5.

Dinobryon stipitatum var. *lacustris* Chodat mit *Staszicella*.
Aus dem Doiransee. 360/1.

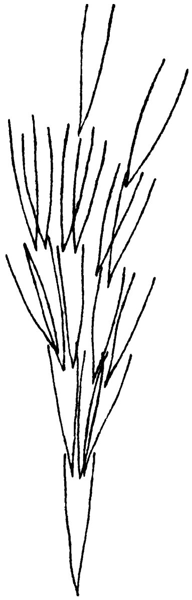


Fig. 6.

Dinobryon stipitatum var. *elongatum* (Imhof) Brunnthaler.
Aus dem Doiransee. 360/1.

Ordnung *Euglenales*.

Familie **Euglenaceae**.

Gattung **Colacium** Ehrenb. 1838.

20. *C. vesiculosum* Ehrenb. (1838, p. 115, tab. 8, fig. 1).
Doiransee, Prespasee, Ventroksee, Ochridasee, an Copepoden.

21. *C. arbuscula* Stein (1883, III, 1, tab. 21, fig. 25).
Ochridasee, wie vorige.

Gattung **Euglena** Ehrenb. 1838.

22. *Eu. acus* Ehrenb. (1838, p. 112, tab. 7, fig. 15).
Doiransee.

Abteilung *Dinoflagellatae.*

Ordnung *Gymnodiniales.*

Familie **Gymnodiniaceae.**

Gattung **Staszicella** Wołoszińska. 1916.

23. *S. dinobryonis* Wołoszińska (1916, p. 278, tab. 12, fig. 32 bis 40).

Prespasee, an *Dinobryon stipitatum* var. *lacustris*, zuweilen auch freischwimmend, selten an Algenfäden festsitzend.

Diese Art hielt ich anfangs für ein neues *Gymnodinium*, aber Dr. Lindemann, der auf meine Bitte die Güte hatte, das mazedonische Planktonmaterial auf Dinoflagellaten durchzusehen, erkannte in ihr die merkwürdige *Staszicella;* die er auch schon in Holstein im Großen Plöner See, im Behler See und im Schöhsee, sowie in Westpreußen im Glowkasee gefunden hatte (1918 *a*, p. 192).

Die Autorin gab diese Art zuerst aus polnischen Teichen und Seen, sowie aus dem Fischsee in der Tatra an.

Ordnung *Peridiniales.*

Familie **Peridiniaceae.**

Gattung **Ceratium** Schrank. 1793.

24. *C. hirundinella* (O. F. Müller) Schrank (1802, p. 375)

Prespasee, Ventroksee, Ochridasee.

In Seen tritt *Ceratium hirundinella* in neun verschiedenen Formentypen auf, über die ich bereits an anderer Stelle (1918, p. 229) Mitteilung gemacht habe. Für flache Teiche gelten diese Formentypen nicht, denn dort herrschen andere Verhältnisse. Die Aufstellung der Formentypen aus unseren Seen hat den Zweck, die wechselvollen Gestalten dieser Peridiniacee fester zu umgrenzen und deren genauere Bestimmung zu ermöglichen, denn der bloße Begriff *Ceratium hirundinella* ist zu allgemein und dürfte uns pflanzengeographisch nicht viel nützen.

Aus den mazedonischen Seen konnten von den neun Formentypen nur vier festgestellt werden. Der häufigste, sowohl im Prespawie im Ventroksee, war der *Furcoides*-Typus (lat. 42 μ) mit dem kräftigen, langen, rechten Postäquatorialhorne (Fig. 7, *b*). Brehm und Zederbauer geben ihn auch aus dem Lago di Caldonazzo im Val Sugana in Tirol an und bilden ihn ab (1903, p. 640, fig. 5 und p. 643). Sie weisen darauf hin, daß diese Form mit der aus dem Skutarisee und dem Vranasee auf Cherso größere Ähnlichkeit hat als mit den Formen aus dem Gardasee. Ich bemerkte diesen Formentypus im Prokljansee bei Sebeniko und habe ihn seinerzeit beschrieben und bildlich dargestellt (1911, p. 641, fig. 9). Im Prespasee fand ich außer diesem Typus noch den *Carinthiacum*-Typus (lat. 35 bis 49 μ), der aber selten auftrat (Fig. 7, *a*). Dagegen kam im Herbstplankton des Ochridasees der *Piburgense*-Typus mit langen, weitgespreizten Postäquatorialhörnern (Fig. 7, *d*) ziemlich häufig vor, weniger der *Austriacum*-Typus mit dem kleinen linken Postäquatorialhorne (Fig. 7, *c*).

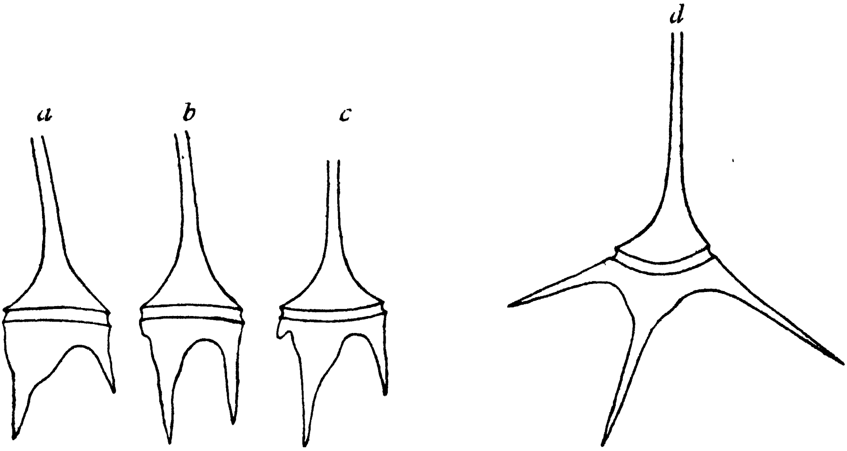


Fig. 7.

Ceratium hirundinella O. F. Müll.

a Carinthiacum-, *b Furcoides*-, *c Austriacum*- und *d Piburgense*-Typus. 300/$_1$.

Gattung **Peridinium** Ehrenb. 1830.

25. *P. bipes* Stein (1883, bei Pascher, 1913, Heft 3, p. 36, fig. 39).
    Doiransee.

26. *P. polonicum* Wołoszińska (1916, p. 271, tab. 12, fig. 1 bis 10).
    Doiransee.

27. *P. Cunningtonii* var. *pseudoquadridens* Lindemann (1918 *a*, p. 235, fig. 55 bis 62).
    Doiransee, Prespasee, Ochridasee.

28. *P. munusculum* Lindemann (1918 *a*, p. 239, fig. 66 bis 74).
    Doiransee, Prespasee.

29. *P. munusculum* forma *spiniferum* Lindemann (1918 *b*, p. 143 und 144, fig. 71 bis 74).
    Doiransee.

Abteilung ***Bacillariophyta.***

Ordnung ***Bacillariales.***

Familie **Bacillariaceae.**

Gattung **Cyclotella** Kützing. 1833.

30. *C. Schroeteri* Lemmerm. (1900, p. 30); *Cyclotella comta* var. *quadrijuncta* Schroeter (1897, p. 33, fig. 58).
Doiransee.

Gattung **Stephanodiscus** Ehrenb. 1845.

31. *S. astraea* Grunow (1880, p. 114); Meister (1912, p. 50, tab. 3, fig. 12).
Doiransee.

Gattung **Melosira** Agardh. 1824.

32. *M. granulata* (Ehrenb.) Ralfs (1861, in Pritchard, p. 820); Van Heurck (1899, p. 444, tab. 19, fig. 621).
Doiransee, Ochridasee.

33. *M. crenulata* forma *tenuis* (Kütz.) Van Heurck (1899, p. 443, tab. 19, fig. 619).
Ventroksee.

34. *M. Roeseana* Rabenh. (1853, p. 13, tab. 10, fig. 5, Supplement); Van Heurck (1899, p. 442, tab. 19, fig. 614).
Doiransee, Ochridasee.

35. *M. varians* Agardh (1830, p. 64); Van Heurck (1899, p. 441, tab. 18, fig. 611).
Doiransee.

Abteilung ***Conjugatae.***

Ordnung ***Desmidiales.***

Familie **Desmidiaceae.**

Gattung **Closterium** Nitzsch. 1817.

36. *C. pronum* de Bréb. (1856, p. 157, tab. 2, fig. 42); West (1904, p. 173, tab. 23, fig. 1 bis 3).
Doiransee.

37. *C. aciculare* var. *subpronum* West (1904, p. 175, tab. 23, fig. 4, 5).
Prespasee, Ochridasee.

Gattung **Staurastrum** Meyen. 1828.

38. *S. gracile* Ralfs (1845, p. 155, tab. 11, fig. 3).
    Ochridasee.
39. *S. paradoxum* Meyen (1828, p. 777, tab. 43, fig. 37, 38); Ralfs (1848, tab. 23, fig. 8).
    Ventroksee, Ochridasee.

Ordnung *Zygnemales.*

Familie **Zygnemaceae.**

Gattung **Spirogyra** Link. 1820.

40. *S. spec. steril.*
    Ochridasee.

Gattung **Zygnema** (Ag.) De Bary. 1858.

41. *Z. spec. steril.*
    Ochridasee.

Abteilung *Chlorophyceae.*

Ordnung *Volvocales.*

Familie **Volvocaceae.**

Gattung **Pandorina** Bory. 1824.

42. *P. Morum* Bory (1824, p. 600).
    Doiransee, Prespasee.

Gattung **Eudorina** Ehrenb. 1832.

43. *E. elegans* Ehrenb. (1831, p. 78, tab. 2, fig. 10 *a* bis *d*).
    Doiransee.

Ordnung *Protococcales.*

Familie **Palmellaceae.**

Gattung **Sphaerocystis** Chodat. 1897.

44. *S. Schroeteri* Chodat (1897, p. 119, tab. 9, fig. 1 bis 12).
    Doiransee, Ochridasee.

Familie **Antosporaceae.**

Gattung **Oocystis** Naegeli. 1855.

45. *O. pusilla* Hansg. (1890, p. 9); Printz (1913, p. 180, tab. 4, fig. 31, 32).
    Doiransee.

Gattung **Tetraedron** Kützing. 1845.

46. *T. minimum* (A. Braun) Hansg. (1888, p. 185).
Doiransee.

Gattung **Lagerheimia** Chodat. 1895.

47. *L. Dofleinii* nov. spec.
Prespasee.

Diagnose. Zellen einzeln, länglich-ellipsoidisch, in der Scheitelansicht kreisrund; 8 µ lang und 4 µ breit; an den Enden mit vier 32 µ langen, schwach nach innen gebogenen Borsten besetzt. Chromatophor parietal mit Pyrenoid.

Bemerkung. Diese neue Art steht sowohl *L. quadriseta* Lemmerm. wie *L. longiseta* Lemmerm. nahe. Mit ersterer stimmt sie zwar in der Zahl der Borsten überein, nicht aber in deren Länge, denn diese sind bei *L. quadriseta* gerade und 14 bis 17·5 µ lang. *L. longiseta* hat zwar lange Borsten, aber ihre Zahl beträgt 8, auch sind sie nach verschiedenen Seiten gebogen, bei *L. Dofleinii* geht die Biegung aber stets nur nach innen. Außerdem unterscheidet sich die zuletzt genannte Art von den beiden vorhergehenden breiten Arten von Lemmermann durch die länglich ellipsoidischen Zellen, die dadurch ziemlich schmal erscheinen. Die neue Art erinnert in ihrem Aussehen lebhaft an gewisse *Chaetoceras*-Arten der Sectio Solitariae Castracane, z. B. an *Ch. subsalsum* Lemm. oder an *Ch. Borgei* Lemm. (1904, p. 134, 141 und 143, tab. 1, fig. 16, 17), welche ebenfalls vier lange, gebogene, allerdings an den Enden nach außen geschweifte Borsten tragen (Fig. 8).

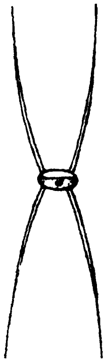


Fig. 8.

Lagerheimia Dofleinii nov. spec. aus dem Prespasee. 585/1.

Gattung **Scenedesmus** Meyen. 1829.

48. *S. quadricauda* (Turp.) De Bréb. (1835, p. 66).
Doiransee.

49. *S. opoliensis* P. Richter (1896, p. 1, fig. *a* bis *e*).
Ochridasee.

Gattung **Coelastrum** Naegeli. 1849.

50. *C. cambricum* var. *intermedium* Bohlin) G. S. West; Brunnthaler (1915, p. 195, fig. 312).
Doiransee.

Gattung **Pediastrum** Meyen. 1829.

51. *P. triangulum* A. Braun (1868, p. 81); Nitardy (1914, p. 177). Doiransee, Ventroksee.

Eine bemerkenswerte Form mit stark granulierter Zellhaut traf ich im Doiransee an (Fig. 9, *e*).

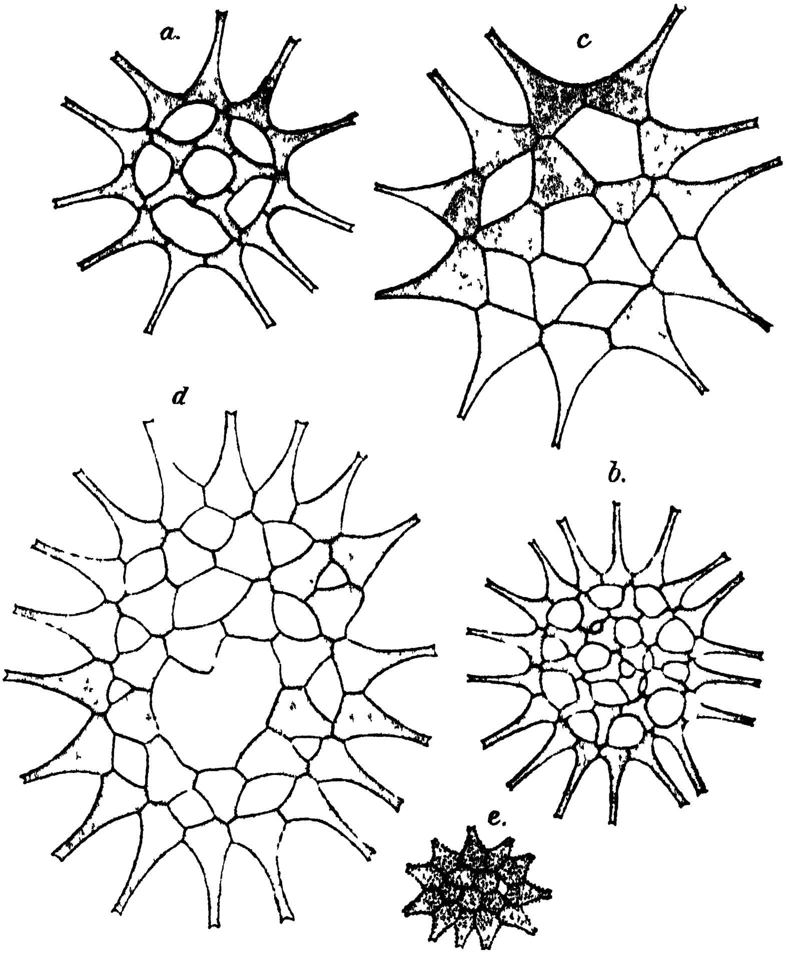


Fig. 9.

Pediastrum triangulum A. Br.

a und *b* var. *angustum* Nitardy. 360/$_1$.
c und *d* var. *latum* Nitardy. 360/$_1$; beide aus dem Ventroksee.
e Granulierte Zwergform aus dem Doiransee. 510/$_1$.

Vorherrschend war im Ventroksee die var. *latum* Nitardy, seltener kamen Exemplare der var. *angustum* Nitardy vor, zuweilen auch Übergänge von der einen zur anderen Varietät.

Von *P. triangulum* A. Br. sind bereits mehrfach Coenobien verschiedenster Art der Anordnung der Rand- und Mittelzellen gezeichnet worden, denn diese zierliche Alge fordert mit ihrer außerordentlichen Formenmannigfaltigkeit geradezu dazu heraus. Zuerst hat ihr Lemmermann nicht widerstehen können. Er bildete einige Formen von ihr ab, die er fälschlich *P. Schroeteri* benannte (1897, p. 181), was er aber bald darauf änderte und dabei (1899, p. 112 bis 114, tab. 2, fig. 24 bis 31) weitere Formen von *P. triangulum*, allerdings unter anderen Namen, beschrieb und darstellte. Ähnliche Formen dieses *Pediastrums* enthält auch die Arbeit von Wołoszińska (1912, p. 661) aus Java. Noch mehr führte Nitardy (1914, tab. 3, fig. 19; tab. 4, fig. 4, 5, 7 und 8; tab. 5, fig. 1, 2 und 10; tab. 6, fig. 1 bis 10, tab. 7, fig. 5; tab. 8, fig. 3 und 5; tab. 9, fig. 20, und tab. 10, fig. 1, 2, 4, 14 und 15) auf, ohne indessen den Formenreichtum zu erschöpfen. Ich habe ebenfalls einige Formen (1917, p. 691, tab. 12, fig. 3 bis 6) beschrieben und gezeichnet und kann nicht umhin, dies auch mit charakteristischen Abänderungen von *P. triangulum* aus dem Ventroksee, die noch nicht gezeichnet sind, zu tun (Fig. 9, *a* bis *e*). Bei meiner Fig. 9, *a* und *b*, sind sowohl Rand- wie Mittelzellen schmal, wodurch erheblich große Lücken frei bleiben. Die fünf (!) Mittelzellen sind in Fig. 9, *a* kreisförmig angeordnet, und in Fig. 9, *b* bilden außer den Randzellen auch die Mittelzellen an der Peripherie einen Kreis, in der Mitte aber eine Spirale. Fig. 9, *c* zeigt gleichfalls fünf kreisförmig angeordnete Mittelzellen und weite Lücken, dabei sind aber alle Zellen breiter als bei den vorherigen Figuren, ebenso wie in Fig. 9, *d*, bei der alle 32 Zellen in einer Spirale angeordnet sind. Auch fanden sich im Ventroksee Coenobien, wie sie Lemmermann (1897, p. 187, fig. 3) angibt. Nitardy zeichnete eine fast meiner Fig. 9, *a* ähnliche Form (l. c., tab. 4, fig. 4), die aber aus 17 Zellen gebildet wird.

52. *P. ovatum* (Ehrenb.) A. Braun (1855, p. 81).

Ochridasee.

Im Ochridasee kommen typische Exemplare aus der von A. Braun aufgestellten Sectio *Monactinium* der Gattung *Pediastrum* vor, die Ehrenberg (1845, p. 71) als *Asterodictyon ovatum* aus einem See bei Beeskow unweit von Berlin in folgender Weise ausreichend beschrieben hat: »...corpusculis ovatis, stylo longo terminatis, granulatis, ordine duplici concentrico in stellam consociatis, mediis 3, marginalibus 10«. — Leider gibt Ehrenberg keine Abbildung seiner Art, die von A. Braun, der sie nicht gesehen hat und sie deshalb ebenfalls nicht abbildet, als *Pediastrum ovatum* (Ehrenb.) benannt wurde (1855, p. 81). Die erste bildliche Darstellung von dieser Alge stammt von Reinsch (1867, p. 90, tab. 7, fig. 1), der sie, ohne sich um Ehrenberg oder A. Braun zu kümmern, *Pediastrum Sturmii* neu benannte. Auf seiner Zeichnung sind die Stacheln der Randzellen offenbar falsch wiedergegeben, denn sie laufen in Spitzen aus, während Nitardy (1914, p. 431) ausdrücklich bemerkt, daß die den Randzellen aufgesetzten derben hyalinen Stacheln an den von ihm aus Brandenburg und aus Ägypten beobachteten Exemplaren dieses *Pediastrums* am Ende stumpf und abgerundet sind, was ich nach den von mir aus dem Ochridasee gesehenen Formen von *P. ovatum* nur bestätigen kann.[1]

Zu allem Überfluß sah sich Lemmermann (1899, p. 115, tab. 2, fig. 33 bis 35) veranlaßt, ebenfalls eine neue Art von *Pediastrum* aufzustellen, die er *P. Schroeteri* benannte, die aber weiter nichts als *P. ovatum* (Ehrenb.) A. Br. ist, wie bereits Brunnthaler bei Pascher (1915, p. 93) sehr vernünftigerweise angibt. Ich füge als Synonym zu *P. ovatum* auch noch *P. Sturmii* Reinsch hinzu, denn der Bezeichnung von A. Braun gebührt unbedingt die Priorität, und damit dürfte wieder ein unnötiger Artname der Gattung *Pediastrum* hoffentlich für immer verschwinden.

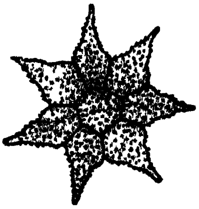


Fig 10.

Übergangsform von *Pediastrum triangulum* A. Br. zu *P. ovatum* A. Br. aus dem Ochridasee. 585 $_1$.

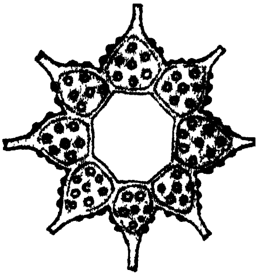


Fig. 11.

Pediastrum ovatum A. Br. aus dem Ochridasee. 975 $_1$.

P. ovatum tritt in recht mannigfachen Formen auf. Reinsch zeichnet l. c. 3-, 4-, 7- und 16-zellige Coenobien dieser Art, von denen das 4-zellige eine nur kleine, viereckige Öffnung in der Mitte aufweist. Lemmermann gibt (l. c., tab. 2, fig. 32) eine ebensolche vierzellige Form an, die er als neue Varietat *radians* bezeichnet. Bei ihr ist die Lücke wesentlich größer als bei der Form von Reinsch. Die in Fig. 11 von mir aus dem Ochridasee dargestellte Form bestand aus acht radiär in einem Kreise angeordneten Randzellen, die in der Mitte eine große achteckige Lücke frei lassen.

Außer diesem typischen *P. ovatum* bemerkte ich im Ochridasee auch noch Übergangsformen zu *P. triangulum*, von denen ich eine Figur beifüge (Fig. 10). Während bei ersterem die Umrisse der freien Teile der Randzellen konvex sind, bei letzterem aber konkav, zeigten sie bei dieser Form beiderseits in der Mitte eine kleine Vertiefung, dadurch erscheint der freie Teil der Randzellen von der Spitze nach der Mitte zu erst konvex, dann konkav und dann wieder konvex, so daß man in der Tat nicht recht weiß, ob man diese Form zu der ersteren Art oder zur zweiten stellen soll. Der aufgesetzte Stachel war verhältnismäßig kurz, und das würde mehr für *P. triangulatum* sprechen, aber die Zellhaut war grob granuliert, wie dies für *P. ovatum* angegeben wird. Die Coenobien waren bei den beobachteten Exemplaren stets achtzellig, und zwar in der Anordnung 7+1, wobei in der Mitte keine Lücke blieb.

---

[1] Was F. Wolle in seinen »Desmids of the United States and List of american Pediastrums« auf p. 168 als *P. simplex* Meyen beschreibt und auf Tafel 64, Fig. 17, abbildet, ist ebenfalls *P. ovatum* (Ehrenb.) A. Br., dagegen gehören Fig. 18 bis 20 auf derselben Tafel zu *P. triangulum* A. Br.

53. *P. pertusum* Kütz. (1845, p. 143).
Doiransee.

54. *P. pertusum* var. *lividum* Raciborski (1889, tab. 2, fig. 31).
Ventroksee.

55. *P. pertusum* var. *clathratum* (A. Braun) Lagerheim (1882, p. 56); Reinsch (1867, p. 93 und 94, tab. 10, fig. 5).
Doiransee, Ventroksee.

56. *P. pertusum* var. *reticulatum* Lagerheim (1882, p. 56, tab. 2, fig. 1).
Ventroksee.

57. *P. Boryanum* (Turp.) Meneghini (1840, p. 210).
Doiransee, Ventroksee, Ochridasee.

58. *P. Boryanum* var. *longicorne* Reinsch (1867, p 96); Raciborski (1889, p. 14, tab. 2, fig. 13).
Doiransee, Ochridasee

59. *P. Boryanum* var. *perforatum* Racib. (1889, p. 13, tab. 2, fig. 11)
Ventroksee.

60. *P. angulosum* var. *araneosum* Raciborski (1889, p. 18, tab. 2, fig. 19 und 20).
Ventroksee.

61. *P. incisum* Hassal (1845, p. 92 [7], fig. 8); *P. Ehrenbergii* A. Braun (1855, p. 99, tab. 5, fig. *H*, 3).
Doiransee.

62. *P. incisum* var. *rota* Nitardy (1914, p. 181, tab. 4, fig. 6; tab. 8, fig. 14, und tab. 10, fig. 13); *P. Ehrenbergii* A. Braun (1855, p. 99, tab. 5, fig. *H*, 4).
Doiransee.

63. *P. lobatum* Nitardy (1914, p. 181, tab. 5, fig. 4). — var. *globuliferum* nov. var. (Fig. 12).
Ventroksee.

Diagnose. Lappen der Randzellen tiefer eingeschnitten; Läppchen ein kugelartiges Köpfchen tragend.

Bemerkung. Die Coenobien dieser Varietät waren 32-zellig. Die Breite ihrer Randzellen betrug 12 bis 16 µ. Sie waren an ihrer Basis nur ein ziemlich kurzes Stück miteinander verwachsen. Durch eine hochgewölbte Einbuchtung an der Mitte ihrer Basis erschienen sie besonders schlank. Der tiefe Mitteleinschnitt der Randzellen war oft sehr schmal und verengte sich zuweilen nach außen so sehr, daß die benachbarten inneren Randläppchen, die zungenförmig und meist an ihren Enden etwas kugelig verdickt waren, sich recht nahe kamen oder sich sogar miteinander überkreuzten. Die schmalen Mittelzellen ließen große Lücken frei, wodurch diese Varietät der schwebenden Lebensweise gut angepaßt erschien.

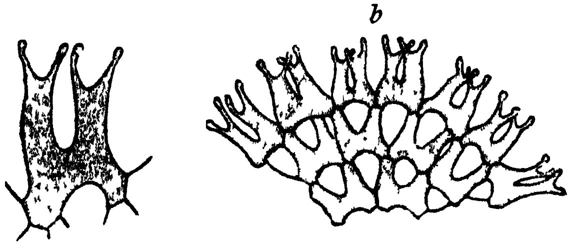


Fig. 12.

Pediastrum lobatum var. *globuliferum* nov. var. aus dem Ventroksee.
a Einzelne Randzelle. 975/1. *b* Teil eines Coenobiums. 360/1.

Familie **Planosporaceae.**

Gattung **Characium** A. Braun. 1849.

64. *Ch. limneticum* Lemm. (1903, p. 81, tab. 3, fig. 7 bis 10).

Doiransee, Prespasee, Ventroksee, Ochridasee; nur an *Diaphanosoma brachyurum* auf den hinteren Teilen des Panzers aufsitzend.

Aus dem Sjöbackasjon in Schweden untersuchte Lemmermann Plankton, in dem *Ch. limneticum* ausschließlich auf der obengenannten Cladocere aufsaß, obgleich, wie Lemmermann anführt, »andere Planktontiere reichlich zur Verfügung« standen. Dagegen fand er diesen Planktonepibionten im Lago di Monate (Italien) nur an *Hyalodaphnia* (1895). Auch G. M. Smith gibt an, daß in den Seen von Wisconsin dieses *Characium* nur auf *Diaphanosoma brayurum* vorkommt (1920). Demnach scheint diese Alge in der Tat nur Cladoceren zu bewohnen, was allerdings noch weiterer Bestätigung bedarf.

Bei der Durchsicht der Literatur traf ich auf eine Arbeit von Tanner-Füllemann, in der ein Organismus beschrieben und abgebildet wird, der mit *Ch. limneticum* sehr große Ähnlichkeit hat und wohl derselbe ist. Er wurde von dem genannten Autor als *Rhaphidium Chodati* bezeichnet und im Schoenenbodensee in der Schweiz gefunden. Diese Grünalge stimmt in Gestalt und Ausmaßen mit *Characium limneticum* genau überein, ebenso in ihrer histologischen Beschaffenheit durch das Vorhandensein eines Chromatophoren mit zwei Pyrenoiden. Der einzige Unterschied ist das Fehlen der Haftscheibe und der distalen langen Borste bei ersterer. Die freischwimmend gefundenen Exemplare können aber von ihrem Substrat losgerissen sein, wobei die Haftscheibe auf diesem sitzen blieb. Auch ich bemerkte in den mazedonischen Seen öfter freischwimmende, losgerissene Exemplare von *Characium limneticum.* Die Endborste ist bei manchen Exemplaren dieser Alge so kurz, daß sie fast zu fehlen scheint. Auch die vegetative Vermehrung durch wiederholte Zweiteilung des Zellinhaltes in der Mutterzelle ist bei beiden Schwebewesen die gleiche, so daß es außer Zweifel sein dürfte, daß *Rhaphidium Chodati* mit *Characium limneticum* identisch ist und der erstere Name als der jüngere eingezogen werden muß.

Übrigens hat *Characium limneticum* auch einige Ähnlichkeit mit sichelartig gekrümmten Formen von *Schroederia setigera* (Schroeder) Lemmerm. (1897), die aber an beiden Enden in feine Borsten ausläuft, nur ein Pyrenoid hat und, wie es scheint, sich nur durch einmalige Zweiteilung in der Mitte der Zelle vermehrt.

Die nachstehende Tabelle zeigt zunächst, daß von den 64 Schwebepflanzen, die nach dem systematischen Verzeichnisse in mazedonischen Seen gefunden wurden, aus dem Doiransee 41 Arten, aus dem Prespasee deren 20, dem Ventroksee deren 21 und dem Ochridasee deren 22 festgestellt worden sind. Da vom Doiransee noch 23 Grundformen dazu kommen, so beträgt die Zahl der aus Mazedonien durch meine Untersuchung bekannt gewordenen Arten 87. Es kann dies als ein ziemlich günstiges Ergebnis bezeichnet werden, wenn man in Betracht zieht, daß in dem diesem Gebiete am nächsten liegenden Skutarisee in Albanien von Forti (1902) nur 38 Grund- und Planktonalgen gefunden wurden, die größtenteils übrigens dieselben sind wie im Doiransee, was auch nicht gerade verwunderlich ist, da beide Seen annähernd gleiche Tiefe haben und unter fast gleichen Breitegraden in geringer Meereshöhe liegen.

Tabellarische Übersicht der Schwebepflanzen aus mazedonischen Seen.

Nr.	Doiransee	Nr	Prespasee	Nr	Ventroksee	Nr	Ochridasee
.	—	1	*Cladothrix dichotoma*		—	.	—
1	*Chroococcus limneticus*	.	—	1	*Chroococcus limneticus*	.	—
2	*Microcystis aeruginosa*	.	—	2	*Microcystis aeruginosa*	1	*Microcystis aeruginosa*
3	*M. Flos-aquae*		—		—		—
4	*Coelosphaerium Kützingianum*		—	.	—	.	—
5	*Lyngbya Lagerheimii*		—	3	*Lyngbya Lagerheimii*	2	*Lyngbya Lagerheimii*
6	*Anabaena planctonica*	2	*Anabaena planctonica*	.	—	.	—
.	—	3	*A. macrospora*	4	*A. macrospora*		—
.	—	4	*A. affinis*	.	—	.	—
	—	5	*A. spiroides*		—		—
7	*A. Flos-aquae*	6	*A. Flos-aquae*	5	*A. Flos-aquae*	3	*A. Flos-aquae*
.	—	.	.		—	4	*A. discoidea*
.	—	7	*Trichodesmium lacustre*	.	—	.	—
8	*Aphanizomenon Flos-aquae*	8	*Aphanizomenon Flos-aquae*	6	*Aphanizomenon Flos-aquae*	.	—
.	—	9	*Diplosigopsis frequentissima*	.	—	.	—
9	*Mallomonas tonsurans*	.	—	.	—	.	—
10	*Synura uvella*	.	—	.	—	.	—

11	*Dinobryon divergens*		—	.	—	.	—
.	—	10	*D divergens* v *Schauinslandii*	7	*D divergens* v *Schauinslandii*	5	*D divergens* v. *Schauinslandii*
12	*D. stipitatum* v *lacustre*	11	*D stipitatum* v *lacustre*	8	*D stipitatum* v *lacustre*	6	*D stipitatum* v. *lacustre*
13	*D stipitatum* v. *elongatum*		—	.	—	.	—
14	*Colacium vesiculosum*	12	*Colacium vesiculosum*	9	*Colacium vesiculosum*	7	*Colacium vesiculosum*
.	—	.	—		—	8	*C arbuscula*
15	*Euglena acus*		—		—	.	—
	—	13	*Staszicella dinobryonis*	.	—	.	—
.	—	14	*Ceratium hirundinella*	10	*Ceratium hirundinella*	9	*Ceratium hirundinella*
16	*Peridinium bipes*	.	—	.	—	.	—
17	*P polonicum*	.	—		—		—
18	*P Cunningtonii* v *pseudoquadridens*	15	*P Cunningtonii* v *pseudoquadridens*		—	10	*Peridinium Cunningtonii* v *pseudoquadridens*
19	*P minusculum*	16	*P minusculum*		—	.	—
20	*P minusculum* v. *spiniferum*	.	—		—		—
21	*Cyclotella Schroeteri*	.	—	.	—	.	—
22	*Stephanodiscus Astraea*	.	—	.	—	.	—
23	*Melosira granulata*	.	—		—	11	*Melosira granulata*
.	—		—	11	*M crenulata* f *tenuis*		—
24	*M Roeseana*	.	—		—	12	*Melosira Roeseana*
25	*M varians*	.	—		—	.	—
26	*Closterium pronum*		—	.	—		—

Nr.	Doiransee	Nr.	Prespasee	Nr.	Ventroksee	Nr.	Ochridasee
.	—	17	*C. aciculare v. subpronum*	.	—	13	*C. aciculare v. subpronum*
.	—	.	—	.	—	.	—
.	—	.	—	12	*St. paradoxum*	14	*St. paradoxum*
.	—	.	—	.	—	15	*Spirogyra spec. steril.*
.	—	.	—	.	—	16	*Zygnema spec. steril.*
27	*Pandorina Morum*	18	*Pandorina Morum*	.	—	.	—
28	*Eudorina elegans*	.	—	.	—	.	—
29	*Sphaerocystis Schroeteri*	.	—	.	—	17	*Sphaerocystis Schroeteri*
30	*Oocystis pusilla*	.	—	.	—	.	—
31	*Tetraedron minimum*	.	—	.	—	.	—
.	—	19	*Lagerheimia Dofleinii*	.	—	.	—
32	*Scenedesmus quadricauda*	.	—	.	—	.	—
.	—	.	—	.	—	18	*Sc. opoliensis*
33	*Coelastrum cambricum v. intermedium*	.	—	.	—	.	—
34	*Pediastrum triangulum*	.	—	13	*Pediastrum triangulum*	.	—
.	—	.	—	.	—	19	*P. ovatum*
35	*P. pertusum*	.	—	.	—	.	—
.	—	.	—	14	*P. pertusum v. lividum*	.	—

36	*P. pertusum* v. *clathratum*	.	—	15	*P. pertusum* v. *clathratum*	.	—
.	—	.	—	16	*P. pertusum* v. *reticulatum*	.	—
37	*P. Boryanum*	.	—	17	*P. Boryanum*	20	*P. Boryanum*
38	*P. Boryanum* v. *longicorne*	.	—	.	—	21	*P. Boryanum* v. *longicorne*
.	—	.	—	18	*P. Boryanum* v. *perforatum*	.	—
.	—	.	—	19	*P. angulosum* v. *araneosum*	.	—
39	*P. incisum*	.	—	.	—	.	—
40	*P. incisum* v. *rota*	.	—	.	—	.	—
.	—	.	—	20	*P. lobatum* v. *globulıferum*	.	—
41	*Characium limneticum*	20	*Characium limneticum*	21	*Characium limneticum*	22	*Characium limneticum*

Die Verteilung der einzelnen Algengruppen in den vier mazedonischen Seen stellt sich folgendermaßen dar:

Gruppe	Doiransee 148 *m*	Prespasee 857 *m*	Ventroksee 850 *m*	Ochridasee 687 *m*
1. Schizomycetes ...	—	1	—	—
2. Schizophyceae	8	7	6	4
3. Flagellatae	12	9	4	6
4. Bacillariaceae	5	—	1	2
5. Conjugatae	1	1	1	4
6. Chlorophyceae	15	2	9	6
Zusammen....	**41**	**20**	**21**	**22**

Außerdem ergeben beide Tabellen, daß der relativ flache und in geringer Meereshöhe gelegene Doiransee die meisten Arten aufweist, und zwar ungefähr doppelt so viel als die drei tiefen Bergseen, deren Artenzahl untereinander fast dieselbe ist. Die wenigsten enthält der am höchsten gelegene Prespasee. Im Doiransee machen sich besonders die Flagellaten und die Chlorophyceen bemerkbar, wie dies auch sonst in flacheren Seen der Fall ist. Im Prespasee sind Schizophyceen und Flagellaten mehrfach vertreten, im Ventroksee dagegen Schizophyceen und Chlorophyceen und von letzteren besonders Arten der Gattung *Pediastrum*. Allen Seen gemeinsam sind nur drei Arten, nämlich *Anabaena Flos-aquae*, *Colacium vesiculosum* und *Characium limneticum*, die letzteren als Planktonepibionten auf tierischen Schwebeformen vorkommend.

Auffällig ist das spärliche Auftreten von Bacillariaceenarten, die im Plankton des Prespasees überhaupt nicht vorhanden waren; ebenso das Fehlen einer ganzen Anzahl von Vertretern des Phytoplanktons, die man sonst in Seen zu finden gewöhnt ist, z. B. *Lyngbya limnetica* Lemm., *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs, *Actinastrum Hantzschii* Lagerh., *Botryococcus Braunii* Kütz., *Asterionella gracillima* Grun., *Fragilaria crotonensis* Kitton, *Synedra delicatissima* W. Sm., *Rhizosolenia longiseta* Zach. und *Attheya Zachariasi* Brun., die man sämtlich im Doiransee wenigstens hätte erwarten können, da sie teilweise im Skutarisee beobachtet wurden. Vielleicht wird eine oder die andre Art später noch nachgewiesen werden.

Außer zum Skutarisee finden sich mancherlei Beziehungen des Phytoplanktons der mazedonischen Seen auch zu den Seen, die im mysischen und bithynischen Kleinasien in der Nähe des Marmarameeres liegen und die von Brunnthaler (1903) und neuerdings besonders von Forti (1913) untersucht wurden. Unter ihnen zeigt dies der Abullonia-Göll westlich vom bithynischen Olymp am deutlichsten. Dieser See hat mit den mazedonischen Seen insbesondere folgende Arten von Schwebepflanzen gemeinsam:

1. *Chroococcus limneticus*, 2. *Microcystis Flos-aquae*, 3. *M. aeruginosa*, 4. *Coelosphaerium Kützingianum*, 5. *Lyngbya Lagerheimii*, 6. *Anabaena macrospora*, 7. *A. planitonica*, 8. *A. spiroides*, 9. *A. Flos-aquae*, 10. *Aphanizomenon Flos-aquae*, 11. *Pediastrum Boryanum*, 12. *P. duplex* und seine Varietäten, 13. *P. triangulum*, 14. *P. ovatum*, 15. *Scenedesmus quadricauda*, 16. *Sc. opoliensis*, 17. *Tetraedron minimum*, 18. *Sphaerocystis Schroeteri*, 19. *Peridinium Cunningtonii*, 20. *Ceratium hirundinella*, 21. *Melosira granulata*, 22. *M. crenulata* var. *tenuis* und 23. *Staurastrum paradoxum*.

Andrerseits fehlen dem Abullonia-Göll auch eine ganze Anzahl der Formen, die auch in den Seen Mazedoniens nicht gefunden wurden.

Zum Schlusse meiner Ausführungen ist es mir noch eine angenehme Pflicht, Herrn Geheimrat Doflein in Breslau für gütige Überlassung des so schwierig zu erhaltenen Materiales aus einer gänzlich unbekannten Gegend meinen verbindlichsten Dank zu sagen, ebenso auch Herrn Dr. Pesta in Wien für seine Bemühungen und Herrn Dr. E. Lindemann in Berlin-Tempelhof, der so freundlich war, die *Peridinium*-Arten zu bestimmen.

Literaturverzeichnis.

1911. Bachmann H., Das Phytoplankton des Süßwassers mit besonderer Berücksichtigung des Vierwaldstätter Sees. Luzern.

1863. De Bary A., Beitrag zur Kenntnis der Nostocaceen, insbesondere der Rivularien, in: Flora von 1863. Regensburg.

1823. Bory de St. Vincent J. B. M., Encyclop. method. Hist. nat. d. Zoophytes ou animaux rayonné, Tome 2. Paris.

1856. Brébisson Alph. et Godet P. de, Liste des Desmidiacées en Basse-Normandie, in: Mem. d. l. soc. imp. d. scienc. nat. de Cherbour, Vol. 4. Cherbourg.

1903. Brehm V. und Zederbauer E., Beiträge zur Planktonuntersuchung alpiner Seen, in: Verhandl. d. zool.-bot. Gesellsch., Bd. 54. Wien.

1900. Brunnthaler J., Plankton-Studien. II. Proščansko jezero (Croatien), in: ebenda, Bd. 49. Wien.

1901. — Die koloniebildenden *Dinobryon*-Arten, in: ebenda, Bd. 50. Wien.

1903. — Phytoplankton aus Kleinasien, in: Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch., Bd. 112, Abt. 1. Wien.

1915. — Protococcales, in: Pascher, Die Süßwasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Heft 5. Jena.

1897. Chodat R., Études de biologie lacustre, in: Bull. de l'Herbier Boissier, Bd. 5. Genf.

1880. Cleve P. T. et Grunow, A., Beiträge zur Kenntnis der arktischen Diatomeen, in: K. Svensk. Vet.-Akad. Handlingar, Vol. 12. Stockholm.

1875. Cohn F., Untersuchungen über Bacterien, in: Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Breslau.

1908. Cvijic J., Grundlinien der Geographie und Geologie von Mazedonien und Altserbien, in: Petermann's Mitteilungen. Ergänzungsband, Heft 162, Teil 1. Berlin.

1911. -- Grundlinien der Geographie und Geologie von Mazedonien, in: K. serb. Akad. d. Wissensch. Belgrad.

1921. Doflein F., Mazedonien. Erlebnisse und Beobachtungen eines Naturforschers im Gefolge des deutschen Heeres. Jena.

1888. Ehrenberg C. G., Die Infusionstiere als vollkommene Organismen. Leipzig.

1902. Forti A., Primi appunti per uno studio sul phytoplancton del lago di Scutari d'Albania, in: Atti Reale Istituto Veneto di scienc., lett. ed arti. Tomo 61, II. Venedig.

1905. — Appunti algologici per l'Anatolia, in: La Nuova Notarisia, Serie 16. Verona.

1913. — Primi studi per un'esplorazione limnobiologica dell'Oriente, in: La Nuova Notarisia. Serie 23. Verona.

1910. Georgevitch P., Desmidiaceen aus dem Prespasee in Mazedonien, in: Beihefte z. Bot. Centralblatt, Bd. 26, Abt. II. Dresden.

1893. Gomont M., Monographie des Oscillariées, in: Annales d. Sciences natur., Botanique. Tome 15 und 16. Paris.

1887. Imhof O. E., Studien über die Fauna hochalpiner Seen, in: Jahresber. d. Naturf., Ges. Graubündens. Bd. 30. Chur.

1898. Kirchner O., Schizophyceae, in. Engler A. und Prantl K., Die natürlichen Pflanzenfamilien. 177. Lief. Leipzig.

1895. Klebahn H., Vorarbeiten zu einer Flora des Plöner Seengebietes, in: Forschungsber. a. d. Biol. Station zu Plön. Bd. 3, p. 13. Berlin.
1895. — Gasvakuolen, ein Bestandteil der Zellen der wasserblütebildenden Phycochromaceen, in: Flora od. allgem. bot. Zeitung. Würzburg.
1896. — Über wasserblütebildende Algen, insbesondere des Plöner Seengebietes und über das Vorkommen von Gasvakuolen bei den Phycochromaceen, in: Forschungsber. a. d. Biol. Station z. Plön, Bd. 4, p. 192. Berlin.
1845. Kützing F. T., Phycologia germanica, d. i. Deutschlands Algen in bündigen Beschreibungen. Nordhausen.
1882. Lagerheim G., Bidrag till kännedomen om Stockholmstarktens Pediastréer, Protococcacéer och Palmellacéer, in: Öfvers. af K. Svensk. Vetensk.-Akad. Förhand. 2. Stockholm.
1895. Lemmermann E., Das Phytoplankton des Lago di Varano und des Lago di Monate (Italien), in: Forschungsber. a. d. Biol. Station zu Plön. Bd. 3. Berlin.
1897. — Beitrag zur Algenflora von Schlesien, in: Abh. d. Naturw. Ver. von Bremen. Bd. 14. Bremen.
1897. — Die Planktonalgen des Müggelsees bei Berlin, in: Zeitschr. f. Fischerei und deren Hilfswissenschaften. Heft 5 und 6. Charlottenburg.
1898. — Beiträge zur Kenntnis der Planktonalgen, in: Bot. Centralblatt. Nr. 76. Cassel.
1898. — Der große Waterneverstorfer Binnensee, in: Forschungsber. a. d. Biol. Station Plön. Bd. 6. Stuttgart.
1899. — Das Phytoplankton sächsischer Teiche, in: Forschungsber. a. d. Biol. Station zu Plön. Nr. 7. Stuttgart.
1900. — Beiträge zur Kenntnis der Planktonalgen. III. Neue Schwebalgen aus der Umgebung von Berlin. — XI. Die Gattung *Dinobryon*, in: Ber. d. Deutschen Bot. Gesellsch. Bd. 18. Berlin.
1903. — Beiträge zur Kenntnis der Planktonalgen. XVI. Phytoplankton von Sandhem (Schweden), in: Botaniska Notiser för år 1903. Lund.
1903. — Das Plankton schwedischer Gewässer, in: Arkiv för Botanik. Bd. 2. Stockholm.
1918. Lindemann E., Untersuchungen über Süßwasserperidineen und ihre Variationsformen, in: *a*) Archiv f. Protistenkunde, Bd. 39, und *b*) Archiv f. Naturgeschichte. Jahrg. 84. Jena und Berlin.
1912. Meister Fr., Die Kieselalgen der Schweiz. Bern.
1840. Meneghini G., Synopsis Desmidiacearum hucusque cognitarum.
1828. Meyen F. J. F., Beobachtungen über einige niedere Algenformen. Halle.
1849. Nägeli C., Gattungen einzelliger Algen. Zürich.
1903. Nikolaïdes Cl., Mazedonien Berlin.
1914. Nitardy E., Zur Synonymie von *Pediastrum*, in: Beihefte z. Bot. Centralblatt, Bd. 32, Abt. 2. Dresden.
1916. Oestreich K., Mazedonien, in: Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde. Nr. 3. Berlin.
1908. Ostenfeld C. H., Phytoplankton aus dem Viktoria Nyanza, in: Engler's Bot. Jahrbüchern. Bd. 41. Leipzig.
1913. Pascher A., Chrysomonadinen, in: Die Süßwasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Heft 2. Flagellatae. II. Jena.

1913. **Printz** H., Eine systematische Übersicht der Gattung *Oocystis* **Naegeli**, in: Nyt Magazin for Naturvidenskaberne. Bd. 51. Christiania.

1853. **Rabenhorst** L., Die Süßwasser-Diatomaceen. Leipzig.

1848. **Ralfs** J., The British Desmidieae. London.

1867. **Reinsch** P., Die Algenflora des mittleren Teiles von Franken. Nürnberg.

1896. **Richter** P., *Scenedesmus Opoliensis* nov. spec., in: G. **Marpmann**, Zeitschr. f. angewandte Mikroskopie. Berlin.

1902. **Schmidle** W., Algen, insbesondere solche des Planktons, aus dem Nyassa-See und seiner Umgebung, gesammelt von Dr. **Fülleborn**, in: Engler's Bot. Jahrb. Bd. 32. Leipzig.

1803. **Schrank** F. v. **Pavla**, Favna Boica. Durchgedachte Geschichte der in Baiern einheimischen und zahmen Tiere. Landshut.

1897. **Schröder** Br., Über das Plankton der Oder, in. Ber. d. Deutschen bot. Gesellsch. Bd. 15. Berlin.

1911. — Adriatisches Phytoplankton, in: Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch., mathem.-naturw. Kl., Bd. 120, Abt. I, Wien.

1914. — Über Planktonepibionten, in Biol. Centralblatt. Bd. 34. Leipzig.

1917. — Phytoplankton aus dem Schlawasee, in Ber. d. Deutschen bot. Gesellschaft. Bd. 35. Berlin.

1918. — Die neun wesentlichen Formentypen von *Ceratium hirundinella* O. F. **Muller**, in Archiv f. Naturgeschichte. Jahrg. 84. Berlin.

1897. **Schroeter** C., Die Schwebeflora unserer Seen, in Neujahrsblatt der Naturf. Ges. Zurich

1894. **Schwendener** S., Zur Wachstumsgeschichte der Rivularien, in: Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. Jahrg 1894, 2. Berlin

1920. **Smith** G. M., Phytoplancton of the Inland Lakes of Wisconsin. Part I Myxophyceae, Phaeophyceae, Heterokonteae and Chlorophyceae exclusive of the Desmidiaceae, in Wisconsin geological and natural history survey, Bull. No 57 Scient. Ser. No 12. Madison Wisc.

1859 bis 1878. **Stein** F., Der Organismus der Infusionstiere Leipzig.

1906. **Tanner-Fullmann**, Sur un nouvel organisme du Planeton du Schoenenbodensee, in Bull. de l'Herbier Boissier. Tome V, Nr. 12. Genf.

1912. **Teiling** E., Schwedische Planktonalgen. 1. Phytoplankton aus dem Råstasjön bei Stockholm, in Svensk Bot. Tidskrift. Bd. 6. Stockholm.

1899. **Van Heurck** H., Traité des Diatomées. Anvers.

1913. **Virieux** J., Quelques Algues et quelques Péridiniens de Franche-Comté, in Bull. d. l. Soc. d'Histoire natur. du Doubs. Nr. 27, IV. (Contrib. a l'étude des algues de la région jurassienne). Besançon.

1904. **West** W. and G. S., A Monograph of the British Desmidiaceae. Vol 1. London.

1907. **West** G. S., Report on the Freshwater Algae including Phytoplancton of the Third Tanganyika Expedition conducted by Dr. W. Cunnington 1904 to 1905, in. Linnean Soc. Journ. Bot. Vol 38. London.

1904. **Wille** N., Die Schizophyceen der Plankton-Expedition. Kiel und Leipzig.

1912. **Wołoszińska** J., Das Phytoplankton einiger javanischer Seen, mit Berücksichtigung des Sawa-Planktons, in: Bull. de l'acad. d. scienc. de Cracovie. Class. d. scienc. math. et nat. Ser. B. Scienc. nat. Cracovie.

1914. — Polnische Süßwasser-Peridineen, ebenda.

Akademie der Wissenschaften in Wien
Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Sitzungsberichte

Abteilung I

Mineralogie, Krystallographie, Botanik, Physiologie der Pflanzen, Zoologie, Paläontologie, Geologie, Physische Geographie und Reisen

130. Band. 6. und 7. Heft

Über die Einwirkung fluoreszierender Farbstoffe auf die Keimung der Samen

Von

Dr. Angela Piskernik

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien.
Nr. 160 der zweiten Folge

(Mit 1 Tafel)

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. Juli 1921)

I. Einleitung.

Im Laufe der letzten Dezennien wurde von Seite der experimentellen Physiologie und Biologie den fluoreszierenden Stoffen große Aufmerksamkeit zugewendet, die durch überraschende Ergebnisse noch wesentlich gesteigert wurde. Die Versuchsobjekte (Stoffe, Organismen und Organismen-, beziehungsweise Gewebsteile) wurden sowohl dem Pflanzen- wie dem Tierreiche entnommen und zeigten unter Einwirkung belichteter fluoreszierender Substanzen Erscheinungen, die bei unbelichteten nie oder nach merklich längeren Zeiträumen minimal zutage traten. Änderung der Bewegungsrichtung, chemische Veränderung und Formveränderung sind die Folgen der photodynamischen Wirkung, ferner Desorganisationserscheinungen im Plasma, welche sich bei fortgesetzter Einwirkung bis zum Absterben der Organismen oder deren Teile steigern.

Den ersten grundlegenden Anstoß zur Ausgestaltung der Frage über die Wirkung belichteter fluoreszierender Stoffe gaben Tappeiner und seine Schüler, welche diese Wirkung als »photodynamische« bezeichneten. Alles, was bis zum Jahre 1909 an Material für den Einfluß fluoreszierender Substanzen geliefert wurde, hat Tappeiner in seiner Abhandlung »Die photodynamische Erscheinung (Sensibilisierung durch fluoreszierende Farbstoffe). Asher und Spiro, Ergeb. der Physiologie, VIII. Jahrg. 1909« berücksichtigt und es erübrigt mir daher nur, die von diesem Jahre an veröffentlichte Literatur hervorzuheben.

Sellei[1] zeigt, daß Giftwirkung, hervorgerufen durch injizierte gewöhnliche Gifte, wie Sublimat, Eisen-, Gold- und Platinchlorid usw., durch Beifügen von fluoreszierenden Farbstoffen bei Tieren wesentlich beschleunigt wird. Die eingehenden neueren Studien photodynamischer Stoffwirkung von W. Hausmann[2] an Paramaecien, Mäusen und roten Blutkörperchen brachten einen tiefen Einblick in das Sensibilisationsvermögen fluoreszierender Substanzen, ebenso die Untersuchungen Gicklhorn's,[3] welcher die photodynamischen Erscheinungen vornehmlich an pflanzlichen Objekten studierte. Seine Versuche mit kryptogamen Pflanzen und phanerogamen Pflanzenteilen zeigten übereinstimmende Resultate mit jenen, welche Tierphysiologen und -biologen an ihren tierischen Objekten erzielten: reichliche Vakuolenbildung, Kontraktion des Plasmas, starke Farbstoffspeicherung im vorher farblosen Plasma und deutliche Tinktion des Zellkernes (l. c., p. 49). Bei *Elodea canadensis-* und *Vallisneria-*Blättern beobachtete er eine Geschwindigkeitsänderung in der Plasmaströmung, bis letztere schließlich sistiert wurde; überall aber zeigten die Gewebeteile und einzelne Zellen Funktionsstörungen und Desorganisationserscheinungen im Plasma, die in ihrer Gesamtsumme den Tod bedeuten.

Das Erscheinen von Noack's[4] Arbeit bezeichnet einen Wendepunkt in der Auffassung der photodynamischen Wirkung. Ausgehend vom Gedanken, daß es sich dabei um Oxydationsprozesse handelt, versucht er unter Mitwirkung von fluoreszierenden Substanzen an Atmungschromogenen Oxydationen hervorzurufen. Bei Belichtung werden diese Chromogene in Atmungsfarbstoffe umgewandelt, welche die Oxydationsstufe der Chromogene sind, woraus Noack schließt, daß die fluoreszierenden Stoffe Katalysatoren sind, welche unter Einwirkung von Licht — also Lichtkatalysatoren — sich in reversibler Weise mit Luftsauerstoff beladen und ihn an das Chromogen abgeben.

Metzner[5] macht uns bekannt mit der durch belichtete fluoreszierende Farbstoffe an Paramaecien hervorgerufenen Phobophototaxis, welche je nach der Reizstärke als positive Phobophototaxis (bei geringer Reizintensität) oder als negative Phobophototaxis (bei starker Reizstärke) auftritt, welch letztere darin besteht, daß das Infusor seine Bewegungsrichtung umkehrt.

---

[1] Sellei J., Die Wirkung der Farbstoffe in Verbindung mit Giften und Arzneimitteln. Bioch. Zeitschr., Bd. 49 (1913).

[2] Hausmann W., Die sensibilisierende Wirkung des Hämatoporphyrins. Bioch. Zeitschr., Bd. 30 (1910). — Zur sensibilisierenden Wirkung der natürlichen Porphyrine. Bioch. Zeitschr., Bd. 77 (1916).

[3] Gicklhorn J., Über den Einfluß photodynamisch wirksamer Farbstofflösungen auf pflanzliche Zellen und Gewebe. Diese Sitzungsber., Bd. 123 (1913).

[4] Noack Kurt, Untersuchungen über lichtkatalytische Vorgänge von physiologischer Bedeutung. Zeitschr. f. Botanik, Heft 6 (1920).

[5] Metzner P., Zur Kenntnis der photodynamischen Erscheinung: Die induzierte Phototaxis bei *Paramaecium caudatum*. Bioch. Zeitschr., 1919, 1920. — Die Bewegung und Reizbeantwortung der bipolar begeißelten Spirillen. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 59 (1920).

Wie aus der neuesten Literatur ersichtlich ist, wird das physiologische Gebiet der photodynamischen Wirkung sowohl von zoologischer als von botanischer Seite näher ausgebaut. Da bei embryonalen Geweben, wie sie uns Pflanzenkeimlinge in vollendetster Form darbieten, der Einfluß photodynamischer Stoffe besonders deutlich hervortreten dürfte, weil diese jugendlichen Organe deren Einwirkung ziemlich widerstandslos gegenüberstehen, außerdem der Effekt auf Wurzel und Stengel gleichzeitig verfolgt werden kann, lag der Gedanke nahe, auskeimende Samen als Untersuchungsobjekte zu benutzen. Die Wirkung auf Würzelchen und Sprosse, welche beide von den zartesten Gewebselementen aufgebaut sind, kann sich in einer Schädigung zeigen, welche Wachstumshemmung und Absterben zur Folge hat, oder aber in einer Förderung der Lebenstätigkeit, die sich in merklicher Wachstumsbeschleunigung kundgibt. Der Zweck dieser Arbeit war es, orientierende Untersuchungen nach dieser Richtung auszuführen und es sei mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Hofrat Dr. Hans Molisch für die Zuweisung dieser Arbeit, das stete Interesse, welches er derselben entgegenbrachte, und die zahlreichen Anregungen an dieser Stelle meinen wärmsten Dank auszusprechen. Ebenso danke ich Herrn Assistenten Dr. G. Klein, welcher mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand, und Herrn Assistenten J. Kisser, der mir für meine Untersuchungen zahlreiches Samenmaterial bereitwilligst zur Verfügung stellte.

II. Eigene Untersuchungen.

Photodynamische Wirkung fluoreszierender Farbstoffe auf Samenkeimung.

1. Methodik.

Bei der großen Zahl fluoreszierender Farbstoffe konnten für vorliegende Untersuchungen naturlich nur einige wenige Verwendung finden, welche in bezug auf Konzentration und Versuchsmaterial verschieden variiert wurden: Eosin, Magdalarot, Safranin, Erythrosin, Rhodamin B, Diazoresorcin, Fluorescein und Methylenblau. Noch weitere anzuwenden stellte sich als zwecklos heraus, da bei allen diesen Stoffen die Ergebnisse im großen und ganzen derselben Art sind, von kleinen Unterschieden abgesehen, welche auf die verschiedene Intensität der Fluoreszenz oder die mehr oder minder große Eigengiftigkeit der Farbstoffe zurückzuführen sind. Neben diesen wurden zur Kontrolle auch nichtfluoreszierende Farbstoffe verwendet und zwar Anilinblau und Fuchsin. Bei der Eindeutigkeit dieser Kontrollversuch erwies sich die Anwendung noch weiterer als uberflüssig.

Die Farbstoffe wurden in der Konzentration 1 : 1000 (0·1 *g* auf 100 cm^3 Leitungswasser) in dunkelbraunen Gläsern im Dunkeln aufbewahrt und diese Stammlösung dann je nach Bedarf für jeden Versuch bis zur gewünschten Konzentration mit Leitungswasser verdünnt. Gearbeitet wurde mit den Konzentrationen 1 : 600, 1 : 800, 1 : 1000, 1 . 10.000, 1 . 20.000, 1 · 50.000, 1 : 100.000, 1 : 1,000.000.

Die verwendeten Samen stammten durchwegs von der letzten Herbsternte, um dadurch über Material zu verfügen, das die möglichst gleichen Resultate zeigt. Zur Verwendung kamen *Vicia sativa*, *Pisum sativum*, *Lens esculenta*, *Sinapis alba*, *Zea Mays*, *Lepidium sativum*, *Triticum durum*, *Spinacia oleracea*, *Medicago sativa* sowie Samen von Kohl, Rettig und der Zuckerrübe. Um sich von dem Wert des zur Verwendung gelangenden Samenmaterials zu überzeugen, damit die Eindeutigkeit der Versuche nicht durch schlecht keimende Samen u. dgl. gestört werde, wurden die Samen der Versuchsserien auf ihre Keimkraft geprüft. Es wurden 50 oder 100 Stück, je nach der Menge des vorhandenen Materials, in Leitungswasser 24 Stunden quellen gelassen und darauf in mit feuchtem Filtrierpapier ausgekleideten Keimschalen zum Keimen gebracht. Auf diese Weise kann man sich leicht ein genaues Bild von der Beschaffenheit und Güte der Samen verschaffen.

Die zu untersuchenden Samen wurden in der Lösung des fluoreszierenden Farbstoffes zur Quellung gebracht. Die Imbibition dauerte, um Schäden, hervorgerufen durch intramolekulare Atmung, zu vermeiden, in keinem Falle länger als 24 Stunden, wohl aber fast immer annähernd 24 Stunden, damit eine möglichst große Menge der Lösung von den zu quellenden Samen aufgenommen und gespeichert wurde. Die mit den Farbstofflösungen beschickten Vogelschalen, in welchen sich die Samen befanden, wurden durch die 24 Stunden hindurch in einen dunklen Kasten gestellt, um jede Einwirkung der fluoreszierenden Farbstoffe vor dem Auslegen der Samen zur Keimung zu verhindern. Nach der 24stündigen Quellung wurden die Samen rasch acht- bis zehnmal unter der Wasserleitung abgewaschen und abgepinselt, um den den gefärbten Samen von außen anhaftenden Farbstoff möglichst gründlich zu entfernen; derselben Prozedur wurden auch die Kontrollsamen, die in reinem Wasser der Quellung unterworfen waren, aus dem Grunde unterzogen, daß auch sie dem Einflusse des kalten Leitungswassers ausgesetzt waren, somit um auch hier dieselbe Versuchsbedingung zu schaffen.

Dem Auslegen der Samen ist die größte Aufmerksamkeit und Sorgfalt zuzuwenden. Es handelt sich einerseits darum, für die dem Lichte ausgesetzten Kontroll- und Versuchssamen gleiche Feuchtigkeitsverhältnisse herzustellen und andrerseits möglichst gleiche Temperatur- und Feuchtigkeitsgrade für Licht- und Dunkelversuche zu schaffen. Um die Feuchtigkeitschwankungen zwischen den dem Lichte ausgesetzten und den im Dunkeln gehaltenen Samen auszuschalten und die Temperaturunterschiede auf ein Minimum herabzudrücken, wurden die Versuchsanstellungen mannigfach modifiziert. Folgende zwei Arten wurden hauptsächlich durchgeführt

a) Die Samen wurden in Petrischalen ausgelegt, die mit einer Doppellage von Filtrierpapier ausgekleidet waren. Sowohl die Licht- als die zur Kontrolle aufgestellten Dunkelversuche stellte ich auf das Fenster eines gegen Süden gelegenen Korridors, wobei die Warmestrahlen von allen Petrischalen nach Möglichkeit abgehalten wurden. Diejenigen der Lichtversuche standen hinter Küvetten, die zum Zwecke der Absorption der Wärmestrahlen mit Wasser gefüllt waren, und unter großen Vogelschalen, die demselben Zwecke dienten. Jene der Dunkelversuche wurden unter Blechzylinder gebracht, welche mit weißem Papier umhüllt ebenfalls hinter große Küvetten gestellt wurden. Die Temperaturdifferenzen waren auf diese Weise minimal. Um in den einzelnen Petrischalen, von denen jede Versuchsserie acht bis zehn umfaßt (vier oder fünf licht und ebensoviele dunkel), denselben Feuchtigkeitsgrad zu erzielen, wurde nach je ein oder zwei Tagen, wie eben die Versuchskontrolle vorgenommen wurde, das Filtrierpapier sämtlicher Schalen mit Wasser vollkommen durchfeuchtet; ein eventueller Überschuß an Wasser wurde sorgfältigst entfernt.

b) Noch einwandfreier sind die Versuche, bei welchen Licht- und Dunkelexemplare derselben Lösungskonzentration (z. B. Eosin 1 : 1000 licht und Eosin 1 : 1000 dunkel) in ein- und derselben Petrischale untergebracht waren. Zu diesem Zwecke wurde sowohl der untere Teil der Petrischale als auch der Deckel von außen zur Hälfte mit schwarzem Papier verklebt, während im Innern der Schale die Scheidewand zwischen der Licht- und Dunkelhälfte der Schale ein nach oben offener Doppelstreifen von schwarzem Filtrierpapier, welcher die innere Höhe der Petrischale hatte, bildete. Schon auf diese Weise wurde das Licht beim Schließen der Schale hinreichend ausgeschaltet, doch um jeden Lichtstrahl abzuhalten, wurde über die Dunkelhälfte auch von innen ein halbkreisförmig geschnittenes schwarzes Filtrierpapier gelegt, das mit seinem geraden Ende in das nach oben offene Mittelstück umgebogen wurde. Bei dieser Art der Versuchsanstellung fielen die Feuchtigkeitsunterschiede weg und die Temperaturdifferenzen zwischen Licht und Dunkel überstiegen, weil ja auch Küvetten vorgestellt wurden, wohl kaum einen halben bis einen Grad.

Die Versuche wurden öfters kontrolliert und zwar in bezug auf den Grad und die Schnelligkeit des Auskeimens, die Wurzel- und Stengellänge, die Ausbildung oder Nichtausbildung der Wurzelhaare, die Größe und Menge derselben sowie auf die Anzahl der kranken und abgestorbenen Wurzeln. Weil bei Samen, die photodynamisch sehr stark geschädigt waren, die Grenze zwischen Wurzel und Hypokotyl oft nicht festzustellen war, ist unter der Bezeichnung »Wurzellänge« die Summe Wurzellänge + Hypokotyl zu verstehen und zwar bei allen in den Tabellen angeführten Samen mit Ausnahme von *Sinapis*. Die Länge ist in Millimetern angegeben

2. Versuche.

Um die Wirkung photodynamischer Farbstoffe auf die Samenkeimung zu ermitteln, wurden nach den eben besprochenen Methoden Versuche ausgeführt, wobei es sich zeigte, daß es hauptsächlich die Wurzeln sind, die je nach Lichtstärke, Art des Farbstoffes und Konzentration desselben geschädigt werden. Im übrigen besteht aber die Wirkung zunächst in einer oft sehr bedeutenden Verzögerung der Auskeimung, später in einer auffallenden Wachstumshemmung, bei starker Konzentration im Verlust des Richtungsvermögens und schließlich im Absterben der Wurzelspitze eventuell der ganzen Wurzel. In Konzentrationen von 1 : 800 bis 1 : 10.000 ist bei Safranin, Eosin und Magdalarot das durch den Einfluß dieser Farbstoffe und entsprechende Belichtung bedingte Absterben der Wurzelspitze regelmäßige Erscheinung, in der Konzentration 1 : 12.000 bis 1 : 20.000 schon selten, wobei das Safranin insofern eine Ausnahme macht, als es auch bei dieser Verdünnung die Wurzel häufig tötet. Ähnlich wie diese drei Stoffe verhält sich auch Methylenblau. In noch verdünnteren Lösungen (1 : 30.000 bis 1 : 1,000.000) wird die Wurzelspitze selten getötet, doch bleiben bis zu einer bestimmten Grenzkonzentration Sproß und Wurzel in ihrem Wachstum im Vergleich zu denjenigen des Kontrollsamens mehr oder weniger zurück. Diese Grenzkonzentration ist auch abhängig von der Lichtstärke und bewegt sich zwischen 50.000 und 100.000. Bei noch stärkerer Verdünnung über diese Grenzkonzentration hinaus tritt oft eine Wachstumsförderung (Stimulierung) ein, wie sie in der Natur zu finden ist, wenn kleine Dosen Gift dem lebenden Organismus einverleibt werden. Was nun speziell den Stengel betrifft, muß betont werden, daß er nie abstirbt, daß aber seine Blätter in den ersten Tagen der Versuchsanstellung nicht fähig sind, zur vollkommenen Chlorophyllbildung zu schreiten. Am deutlichsten zeigt dieses Phänomen *Sinapis alba*; während die Kotyledonen der Kontrollsamen schon tief grün sind, haben die Blätter der in den Farbstofflösungen gequollenen Samen ein je nach der Stärke der Konzentration mehr oder weniger blasses Aussehen, das aber nach einigen Tagen fast immer der Chlorophyllfärbung weicht. Das von mir besonders betonte Kennzeichen der Schädigung der Pflanzenkeimlinge durch belichtete fluoreszierende Farbstoffe ist das »Krankwerden« der Wurzeln, das sich bei höheren Konzentrationen schon äußerlich durch das Braunwerden und Absterben der Wurzelspitze oder der ganzen Wurzel samt Hypokotyl verrät, ferner durch das Fehlen oder den Mangel von Wurzelhaaren und deren Länge, durch ein gerunzeltes, manchmal schuppiges Aussehen oder aber schon gleich nach dem Hervorkommen aus der Samenschale durch die Unfähigkeit, irgendeinem Tropismus in seiner Einwirkung zu folgen. Merkwürdig sind die oft zu beobachtenden »Wurzelstummel«, welche etwa 1 *mm* lang und einen Haarkranz tragend dem Hypokotyl wie Bürsten unten aufsitzen. Bei geringeren Konzentrationen treten diese Desorganisationserscheinungen zurück und dann ist es vorzugsweise nur die mindere Wurzellänge, welche zum Vergleich mit den Kontrollexemplaren herangezogen werden kann.

Es sei nun gleich vorweggenommen, daß zu starke Konzentrationen der Farbstoffe, wie es Lösungen 1 : 600, 1 : 800, 1 : 1000, 1 : 1200 und bei einigen Stoffen noch höhere sind, bei allen Samenarten auch im Dunkeln eine stark nachteilige Wirkung zeigen, die allerdings weit zurücksteht hinter derjenigen im Lichte, aber doch auffallend groß ist, so daß diese Keimlinge nie das Aussehen normal sich entwickelnder haben. Die Wurzeln sind kurz und machen einen eigentümlich steifen Eindruck; ebenso die Stengel. Bei Verwendung von Eosinlösungen bemerkte ich dieses Verhalten besonders schön bei *Sinapis alba*, und zwar noch bei einer Konzentration von 1 : 10.000. Alle diese Schädigungen im Dunkeln sind auf die Eigengiftigkeit der verwendeten Farbstoffe zurückzuführen, die bei hohen Lösungskonzentrationen zum Ausdrucke kommt.

Auf andere besondere Merkwürdigkeiten und auffallende Erscheinungen wird bei der Besprechung der einzelnen Versuche, von welchen ich mehrere in Tabellen vorführe, eingegangen werden.

Samen von *Lepidium sativum, Beta vulgaris, Brassica oleracea, Sinapis alba* und *Spinacia,* welche bei Anwendung von Methylenblau, Eosin und Rhodamin B in den Monaten Jänner, Februar und in der ersten Hälfte des März zur Keimung ausgelegt wurden, zeigten infolge der geringen Lichtintensität fast keine Unterschiede gegenüber den Kontrollsamen. Die kleinen, übrigens sehr schwankenden Differenzen in der Schnelligkeit der Auskeimung, die nach recht sonnigen Tagen beobachtet wurden, glich das schwache Licht der darauffolgenden Schnee- und Regentage wieder aus. Nur die Konzentrationen 1 : 600, 1 : 800 und 1 : 1000 bewirkten einige Keimungs- und Wachstumshemmung sowohl in Licht als auch in Dunkel, was auf eine gewöhnliche Giftwirkung des angewendeten Farbstoffes zurückzuführen ist. Aber schon in der zweiten Hälfte des März war das Tageslicht stark genug, um mit fluoreszierenden Farbstoffen photodynamische Wirkung auszulösen, welche um so deutlicher zutage trat, je intensiver das Licht mit vorgerückter Jahreszeit wurde. Im folgenden sollen die Ergebnisse meiner Untersuchungen nach Farbstoffen geordnet besprochen und durch beigefügte Tabellen ergänzt werden.

Versuch I,

aufgestellt am 28. Juni 1921. Samen von *Sinapis alba* (je 50 Stück) durch 24 Stunden gequollen in Eosin 1 : 1000, 1 : 10.000, 1 : 50.000. Licht- und Dunkelversuch. Kontrolle mit H_2O. Diffuses Licht.

Tabelle I.

			H_2O	1 : 1000	1 : 10.000	1 : 50.000
Wurzellänge	Licht	3. Tag	10	1	4	6
		5. »	24	2	11	28
		7. »	34	5	17	37
	Dunkel	3. »	11	4	11	11
		5. »	26	5	23	25
		7. »	40	7	38	39
Stengellänge	Licht	3. »	6	0	2	3
		5. »	13	5	8	9
		7. »	18	8	11	11
	Dunkel	3. »	8	2	6	8
		5. »	25	10	23	24
		7. »	37	15	34	34
Kranke Wurzeln	Licht	3. »	0	0	15	5
		5. »	0	40	28	5
		7. »	0	40	32	5
	Dunkel	3. »	0	0	0	0
		5. »	0	28	10	0
		7. »	0	28	10	0

Vorstehende Tabelle zeigt trotz des in den Tagen dieser Versuchsanstellung fast durchwegs bewölkten Himmels auffallende Unterschiede in der Wurzel- und geringe auch in der Stengellänge der Versuchssamen gegenüber denjenigen der Kontrolle, gibt aber gleichzeitig in der Kolonne 1 : 1000 das zahlenmäßige Bild der durch die Eigengiftigkeit bewirkten Schädigung im Dunkeln. Diese allzu große Wachstumshemmung bei starken und stärksten Konzentrationen ist im Lichte die Folge der kombinierten Eigengift- und photodynamischen Wirkung, kann also zur Beurteilung der reinen photodynamischen Wirkung nicht herangezogen werden. In die Tabellen wurden aber auch diese Befunde eingetragen, womit auf die Unzulänglichkeit beinahe aller Experimente mit zu stark konzentrierten Farbstofflösungen hingewiesen werden soll. Der Vergleich mit dem ebenfalls im Lichte aufgestellten Kontrollversuche ist nie allein maßgebend; weit wichtiger ist die Beurteilung der Ergebnisse mit Rücksicht auf die Dunkelversuche derselben Konzentration. Nur dann, wenn die Farbstoffversuche im Dunkeln mit dem ebenfalls im Dunkeln gehaltenen Kontrollversuche zahlenmäßig übereinstimmen oder sich demselben stark nähern, wird die Schädigung im Lichte auf photodynamischer Wirkung allein beruhen; in jedem anderen Falle muß mit kombinierten Wirkungen gerechnet werden. Während die Verdünnung 1 : 1000 kombinierte Wirkung zeigt, tritt bei 1 : 10.000 die photodynamische Wirkung hervor: die Wurzeln sind nur halb so lang als beim Kontrollversuch und auch der Stengel ist bedeutend kürzer. Sehr eigentümlich ist besonders bei diesen beiden Konzentrationen und am auffallendsten ebenfalls bei *Sinapis* das steife Aussehen der Keimlinge in den Dunkelversuchen Wurzel und Stengel sind vollkommen gerade gestreckt, während die Lichtexemplare und die Kontrollkeimlinge im Dunkel natürlich gebogen und gekrümmt sind. Eben wegen dieser Eigentümlichkeit, die ganz abnormal ist, bezeichnete ich auch diese Wurzeln als krank, obschon sie die Wurzelspitze besitzen und auch — wenn auch bei 1 : 1000 nicht bedeutend — wachsen. Wurzelhaare sind bei 1 : 1000 (Licht) keine oder sehr wenige vorhanden und sind sehr kurz. Die Wurzeln selbst sind schon zur Zeit der Auskeimung geschädigt, denn bei einer Länge von 3 bis 4 *mm*, wo man schon imstande wäre, ihren eventuellen Tropismus zu verfolgen, stehen dieselben passiv jeder solchen Einwirkung gegenüber. Nach einiger Zeit werden sie braun und vertrocknen. Kennzeichnend für alle geschädigten Keimlinge der hier gebrauchten Konzentrationen ist der rasche Übergang von Hypokotyl zur Wurzel. Das vollkommen normal scheinende, kräftige Hypokotyl geht unvermittelt in die dünne, schlaffe Wurzel über. Von den zu je 50 verwendeten Samen keimten von 1 : 1000 am dritten Tage erst 5, am fünften Tage 17 und am siebenten 32 aus, von 1 : 10.000 an den genannten Tagen 35, 45, 50, während im Kontrollversuche (H_2O) schon am ersten Tage alle 50 ausgekeimt waren.

Auffallende Resultate wurden mit diesem Farbstoff auch erzielt bei *Vicia sativa*, *Lens esculenta* und *Pisum sativum* (Tafel, Fig. I und II).

Versuch II,

aufgestellt am 7. Juni 1921. Samen von *Triticum durum* (je 50 Stück) durch 24 Stunden gequollen in Eosin 1 : 1000, 1 : 10.000, 1 : 20.000, 1 : 50.000. Licht- und Dunkelversuch. Kontrolle mit H_2O. Starkes Sonnenlicht.

Tabelle II.

			H_2O	1:1000	1:10.000	1:20.000	1:50.000
Wurzel-länge	Licht	2. Tag	10	2	5	6	6
		3. »	25	5	10	15	17
		7. »	93	22	34	51	60
	Dunkel	2. »	12	4	12	12	12
		3. »	30	17	31	37	32
		7. »	86	24	90	102	104
Stengel-länge	Licht	2. »	2	1	2	2	2
		3. »	12	6	10	12	12
		7. »	63	22	57	62	69
	Dunkel	2. »	3	2	3	3	4
		3. »	17	8	15	16	17
		7. »	92	49	82	84	93
Kranke Wurzeln	Licht	2. »	0	0	0	0	0
		3. »	0	43	20	3	0
		7. »	0	45	20	3	0
	Dunkel	2. »	0	0	0	0	0
		3. »	0	21	0	0	0
		7. »	0	21	0	0	0

Von den 50 Keimlingen 1 : 1000 hatten am 13. Juni, als der Versuch abgeschlossen wurde, nur 20 einige wenige Wurzelhaare, welche 1 *mm* lang waren im Gegensatz zu den 3 *mm* langen Haaren der Kontrollsamen. Auch jene von 1 : 10.000 blieben in Zahl und Länge hinter dem Wasserversuche zurück. Gerade hier bei diesem Objekt ist bei hoher Konzentration die Schädigung auch im Dunkeln eine enorme, so daß der nur photodynamisch schädigend wirksame Konzentrationsbezirk dieses Farbstoffes in bezug auf Wurzelwachstum sich etwa von 1 : 10.000 bis 1 : 100.000 erstreckt. Der Stengel zeigt bei dieser letztgenannten Konzentration bereits eine Wachstumsförderung, welche übrigens im Dunkeln mit Ausnahme von 1 : 1000 fast immer bei allen Verdünnungsgraden zu beobachten ist.

Versuch III,

aufgestellt am 21. Juni 1921. Samen von *Lens esculenta* (50 Stück) durch 24 Stunden quellen gelassen in Safranin 1 : 1000, 1 : 10.000, 1 : 50.000, 1 : 100.000. Licht- und Dunkelversuch. Kontrolle in Wasser. Starkes Sonnenlicht. Kühlvorrichtung.

Tabelle III.

			H_2O	1 : 1000	1 : 10.000	1 : 50.000	1 : 100.000
Wurzellänge	Licht	2. Tag	6	3	3	5	6
		5. »	42	5	7	15	29
		7. »	73	5	10	25	40
	Dunkel	2. »	5	2	3	4	5
		5. »	40	26	35	40	41
		7. »	68	40	67	70	73
Stengellänge	Licht	2. »	0	0	0	0	0
		5. »	13	9	10	12	14
		7. »	22	14	16	21	22
	Dunkel	2. »	0	0	0	0	0
		5. »	15	12	15	15	16
		7. »	27	22	27	27	27
Kranke Wurzeln	Licht	2. »	0	0	0	0	0
		5. »	0	46	39	26	10
		7. »	0	46	39	26	10
	Dunkel	2. »	0	0	0	0	0
		5. »	0	20	0	0	0
		7. »	0	20	0	0	0

Safranin ist einer der in bezug auf Keimlingsschädigung am kräftigsten wirkenden fluoreszierenden Farbstoffe, der bei sehr starkem Lichte selbst in der Verdünnung 1 : 50.000 noch eine außerordentlich große lichtkatalysatorische Wirkung entfaltet. Die Wurzeln von 1 : 1000 und 1 : 10.000 sind arg geschädigt; bei ihrer geringen Länge von 5 bis 7 *mm* sind sie stark gerunzelt und gedreht und nur wenige aus 1 : 10.000 haben eine gesunde Wurzelspitze. Auch im Dunkeln ist die Schädigung bei 1 : 1000 bedeutend, doch sind die Wurzeln nur kurz geblieben und sind entweder gar nicht oder nur minimal gerunzelt und nicht gedreht. Ähnliche Resultate wurden erzielt bei *Pisum sativum*, *Vicia sativa* und *Sinapis alba*.

Versuch IV,

aufgestellt am 27. April 1921. Samen von *Sinapis alba* durch 24 Stunden quellen gelassen in Magdalarot 1 : 1000, 1 : 10.000, 1 : 50.000. Licht- und Dunkelversuch. Kontrolle in H_2O. Starkes Tageslicht.

Tabelle IV.

			H_2O	1 : 1000	1 : 10.000	1 : 50.000
Wurzellänge	Licht	3. Tag	9	1	5	6
		5. »	22	2	13	22
		7. »	31	5	21	34
	Dunkel	3. »	11	4	10	11
		5. »	26	9	24	27
		7. »	40	11	38	40
Stengellänge	Licht	3. »	6	0	3	4
		5. »	12	6	9	9
		7. »	19	9	13	13
	Dunkel	3. »	10	2	7	10
		5. »	25	10	21	23
		7. »	36	16	33	34
Kranke Wurzeln	Licht	3. »	0	0	5	0
		5. »	0	14	5	2
		7. »	0	40	5	2
	Dunkel	3. »	0	0	0	0
		5. »	0	20	0	0
		7. »	0	21	0	0

Während im Kontrollversuch schon am dritten Tage alle Samen ausgekeimt waren, keimten am selben Tage von 1 : 1000 nur 15, am fünften Tage betrug die Zahl der ausgekeimten 30 und zwei Tage später 40. Von diesen hatten nur 15 Wurzelhaare, die ganz verstreut standen; ihre Länge betrug 2 *mm*, die der Kontrollhaare 4 *mm*. Alle Wurzeln dieser Konzentration hatten das Richtungsvermögen verloren. Sie waren braun, aber nicht gerunzelt. Am achten Tage wurden die stärksten Keimlinge aller Lösungskonzentrationen in Blumentöpfe gepflanzt, um die weitere Entwicklung des Stengels zu beobachten; ebenso auch Kontrollkeimlinge. Die durch fluoreszierende Farbstoffe geschädigten Stengel erreichten nicht die Länge des normalen, doch näherten sie sich derselben um so mehr, je geringer die Konzentration war. Von 1 : 1000 gingen die meisten ein, die übriggebliebenen schritten nicht zur Blütenbildung; alle anderen Pflänzchen blühten, wobei die Blüten des Kontrollversuches am größten und reichlichsten waren.

Ein Versuch vom 21. April 1921 mit *Sinapis* und Magdalarot wurde photographiert, Fig. III und IV.

Versuch V,

aufgestellt am 27. Mai 1921. Samen von *Lens esculenta* durch 24 Stunden quellen gelassen in Magdalarot 1 : 1000, 1 : 10.000, 1 : 50.000. Sonst wie bei Versuch IV. Kühlvorrichtung.

Tabelle V.

			H_2O	1 : 1000	1 : 10.000	1 : 50.000
Wurzellänge	Licht	3. Tag	14	5	7	13
		5. »	45	5	16	32
		6. »	50	5	18	41
	Dunkel	3. »	12	8	9	10
		5. »	50	25	47	48
		6. »	60	30	58	58
Stengellänge	Licht	3. »	3	0	0	2
		5. »	14	3	12	16
		6. »	15	7	13	19
	Dunkel	3. »	7	0	0	5
		5. »	17	14	16	18
		6. »	21	19	20	23
Kranke Wurzeln	Licht	3. »	0	40	25	5
		5. »	0	40	26	7
		6. »	0	40	26	7
	Dunkel	3. »	0	20	0	0
		5. »	0	20	0	0
		6. »	0	20	0	0

Versuch VI,

aufgestellt am 31. Mai 1921. Samen von *Pisum sativum*, je 50 Stück, **durch 23 Stunden quellen gelassen in Magdalarot 1 : 1000, 1 : 10.000, 1 . 50.000. Sonst** wie bei Versuch IV. **Kühlvorrichtung.**

Tabelle VI.

			H_2O	1 . 1000	1 · 10.000	1 · 50.000
Wurzellänge	Licht	4. Tag	46	5	17	29
		6. »	70	5	34	53
		8. »	90	5	43	67
	Dunkel	4. »	53	33	54	53
		6. »	80	49	80	79
		8. »	100	54	98	101
Stengellänge	Licht	4. »	7	5	6	7
		6. »	14	11	12	14
		8. »	20	14	17	19
	Dunkel	4. »	15	12	13	13
		6. »	22	20	21	21
		8. »	36	25	34	33
Kranke Wurzeln	Licht	4. »	0	49	14	0
		6. »	0	49	14	0
		8. »	0	49	14	0
	Dunkel	4. »	0	16	0	0
		6. »	0	16	0	0
		8. »	0	16	0	0

Am fünften Versuchstage waren die Wurzeln von 1 : 1000 schon ganz eingetrocknet und hatten nur wenige Nebenwurzeln. Am achten Versuchstage wurden die Keimlinge in Blumentöpfe gegeben. Die Stengel der aus 1 : 10.000 und 1 : 50.000 überholten in einigen Tagen die Kontrollstengel an Länge, während jene aus 1 : 1000 immer mehr oder weniger Zwergformen blieben.

Versuch VII,

aufgestellt am 1. Juli 1921. Samen von *Lens esculenta* durch 24 Stunden zur Quellung gelassen in Fuchsin 1 : 1000, 1 : 10.000, 1 : 50.000. Licht- und Dunkelversuch. Kontrolle in H_2O. Starkes Tageslicht.

Tabelle VII.

			H_2O	1 : 1000	1 : 10.000	1 : 50.000
Wurzellänge	Licht	3. Tag	14	11	13	14
		5. »	41	32	40	43
		6. »	50	35	49	52
	Dunkel	3. »	11	10	10	12
		5. »	40	31	41	41
		6. »	60	38	58	59
Stengellänge	Licht	3. »	3	0	0	2
		5. »	14	10	14	14
		6. »	16	13	16	16
	Dunkel	3. »	8	0	0	5
		5. »	19	18	18	19
		6. »	22	19	21	22
Kranke Wurzeln	Licht	3. »	0	0	0	0
		5. »	0	0	0	0
		6. »	0	0	0	0
	Dunkel	3. »	0	0	0	0
		5. »	0	0	0	0
		6. »	0	0	0	0

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, weist auch dieser nichtfluoreszierende Farbstoff in der Konzentration 1 : 1000 eine Schädigung auf, und zwar sowohl im Licht als im Dunkel. Diese Schädigung ist keine Folge der photodynamischen Wirkung, sondern ist bedingt — wie zum Teil auch bei den fluoreszierenden Farbstoffen solcher Konzentration — durch die Eigengiftigkeit des verwendeten Stoffes. Bei allen übrigen Konzentrationen konnte keine Schädigung konstatiert werden. Dieselben Resultate wurden mit anderen Samen gewonnen.

Versuch VIII,

aufgestellt am 1. Juli 1921. Samen von *Pisum sativum*, durch 24 Stunden quellen gelassen in Erythrosin 1 : 1000, 1 : 10.000, 1 : 50.000. Licht- und Dunkelversuch. Kontrolle in H_2O. Schwaches diffuses Licht. Keine Kühlvorrichtung.

Tabelle VIII.

			H_2O	1 : 1000	1 : 10.000	1 : 50.000
Wurzellänge	Licht	3. Tag	26	7	11	26
		5. »	55	7	21	40
		7. »	84	7	30	57
	Dunkel	3. »	29	18	27	28
		5. »	65	28	66	70
		7. »	94	36	94	103
Stengellänge	Licht	3. »	0	0	0	0
		5. »	10	5	8	9
		7. »	18	9	12	12
	Dunkel	3. »	7	0	8	8
		5. »	19	15	18	21
		7. »	32	26	32	39
Kranke Wurzeln	Licht	3. »	0	45	21	2
		5. »	0	45	29	2
		7. »	0	45	29	2
	Dunkel	3. »	0	20	0	0
		5. »	0	20	0	0
		7. »	0	20	0	0

Wurzeln von 1 : 1000 und 1 : 10.000 sind stark gerunzelt und mehrfach gebrochen. Viele sind schneckenförmig eingedreht. Einige von 1 : 1000 haben ein schuppiges Aussehen. Die Wurzeln der im Dunkeln gehaltenen Keimlinge sind nur wenig gerunzelt, haben aber bei 1 : 1000 wie im Lichte auch kein Richtungsvermögen.

Versuch IX,

aufgestellt am 7. Juni 1921. Samen von *Pisum sativum* 24 Stunden gequollen in Anilinblau 1 : 1000, 1 : 10.000, 1 : 50.000. Licht und Dunkel. Kontrolle in H_2O. Starkes Sonnenlicht. Kühlvorrichtung.

Tabelle IX.

			H_2O	1 : 1000	1 : 10.000	1 : 50.000
Wurzellänge	Licht	2. Tag	10	9	9	10
		4. »	45	46	45	46
		8. »	93	91	93	93
	Dunkel	2. »	9	9	9	10
		4. »	46	46	46	48
		8. »	108	109	108	110
Stengellänge	Licht	2. »	0	0	0	0
		4. »	8	4	8	8
		8. »	20	17	21	22
	Dunkel	2. »	0	0	0	0
		4. »	16	16	15	18
		8. »	35	35	34	36
Kranke Wurzeln	Licht	2. »	0	0	0	0
		4. »	0	0	0	0
		8. »	0	0	0	0
	Dunkel	2. »	0	0	0	0
		4. »	0	0	0	0
		8. »	0	0	0	0

Anilinblau wurde als nicht fluoreszierender Farbstoff nebst Fuchsin zur Kontrolle verwendet. Dieser Farbstoff zeigt selbst bei der Konzentration 1 : 1000 keine Schädigung der Wurzel, wohl aber eine Wachstumshemmung des Stengels. Bei *Lens*, *Sinapis* und *Spinacia* trat zuweilen in 1 : 1000 eine kaum merkliche Schädigung der Wurzeln ein.

Versuch X,

aufgestellt am 30. Juni 1921. Samen von *Sinapis* durch 24 Stunden quellen gelassen in Methylenblau 1 : 1000, 1 : 10.000, 1 : 50.000, 1 : 100.000. Licht- und Dunkelversuche. Kontrolle in H_2O. Starkes Licht. Kühlvorrichtung.

Tabelle X.

			H_2O	1:1000	1:10.000	1:50.000	1:100.000
Wurzellänge	Licht	2. Tag	4	2	2	3	3
		5. »	21	5	11	14	22
		6. »	30	6	14	21	32
	Dunkel	2. »	5	3	4	4	5
		5. »	27	19	27	28	31
		6. »	31	24	31	32	33
Stengellänge	Licht	2. »	3	2	3	3	3
		5. »	14	7	10	12	15
		6. »	16	9	12	15	16
	Dunkel	2. »	5	3	4	5	5
		5. »	24	17	21	24	25
		6. »	30	22	26	31	31
Kranke Wurzeln	Licht	2. »	0	0	0	0	0
		5. »	0	41	20	5	0
		6. »	0	41	20	5	0
	Dunkel	2. »	0	25	7	0	0
		5. »	0	25	7	0	0
		6. »	0	25	7	0	0

1 : 1000 (Licht): Die Wurzeln sind eingetrocknet, die Pflanze entwickelt keine Nebenwurzeln. Die Mehrzahl der Keimlinge liegt am Boden, die Stengel wachsen am Boden hin. Das Hypokotyl ist stark entwickelt und trägt am Ende die dünne tote Wurzel. Wurzelhaare fehlen oder sind bei noch lebenden Wurzeln in geringer Zahl vorhanden.

In den Kontrollversuchen des Dunkeln fallen die grün gefärbten Blätter auf, die durch das Gelb des Etiolements und das Blau des Farbstoffes zu ihrer Farbe kommen. Mit Ausnahme 1 : 1000 sind alle Pflänzchen ungeschädigt.

Versuch XI,

aufgestellt am 12. Mai 1921. Samen von *Sinapis alba* durch 24 Stunden gequollen in Rhodamin 1 : 1000, 1 : 10.000, 1 : 100.000, 1 : 1,000.000. Licht und Dunkel. Kontrolle in H_2O. Helles Licht. Kühlvorrichtung.

Tabelle XI.

			H_2O	1:1000	1:10.000	1:100.000	1:1,000.000
Wurzellänge	Licht	2. Tag	4	2	3	4	4
		7. »	30	5	9	22	29
		8. »	32	9	15	28	34
	Dunkel	2. »	5	3	6	6	6
		7. »	36	29	36	35	35
		8. »	40	32	41	40	41
Stengellänge	Licht	2. »	3	2	2	3	3
		7. »	19	14	15	15	19
		8. »	20	15	15	16	22
	Dunkel	2. »	5	3	4	4	5
		7. »	36	30	36	36	38
		8. »	37	30	37	38	39
Kranke Wurzeln	Licht	2. »	0	0	0	0	0
		7. »	0	45	9	0	0
		8. »	0	45	27	0	0
	Dunkel	2. »	0	0	0	0	0
		7. »	0	5	0	0	0
		8. »	0	5	0	0	0

Ähnliche Ergebnisse erzielte ich mit *Spinacia*, *Lepidium*, *Brassica*, *Lens*, *Vicia* und *Pisum*.

Versuch XII,

aufgestellt am 21. Juni 1921. Samen von *Lens esculenta* (50 Stück) durch 24 Stunden gequollen in Diazoresorcin 1 : 1000, 1 : 10.000, 1 : 50.000. Licht und Dunkel. Kontrolle. Diffuses Licht. Keine Kühlvorrichtung.

Tabelle XII.

			H_2O	1 . 1000	1 : 10.000	1 : 50.000
Wurzellänge	Licht	2. Tag	6	2	3	5
		3. »	14	8	9	13
		6. »	43	30	35	46
	Dunkel	2. »	5	4	5	5
		3. »	11	9	11	12
		6. »	42	42	43	43
Stengellange	Licht	2. »	0	0	0	0
		3. »	3	2	3	3
		6. »	15	14	15	16
	Dunkel	2. »	0	0	0	0
		3. »	8	8	8	9
		6. »	21	20	22	22
Kranke Wurzeln	Licht	2. »	0	0	0	0
		3. »	0	10	5	0
		6. »	0	10	5	0
	Dunkel	2. »	0	0	0	0
		3. »	0	0	0	0
		6. »	0	0	0	0

Pisum, *Vicia*, *Sinapis*, *Lepidium*, *Zea Mays*, *Triticum* und *Spinacia* ergaben ähnliche Ergebnisse.

Versuch XIII,

aufgestellt am 31. Mai 1921. Samen von *Pisum sativum* durch 24 Stunden quellen gelassen in Fluoresceïn 1 : 1000, 1 : 10.000, 1 : 50.000. Licht und Dunkel. Kontrolle. Starkes Tageslicht. Kühlvorrichtung.

Tabelle XIII.

			H_2O	1 : 1000	1 : 10.000	1 : 50.000
Wurzellänge	Licht	2. Tag	11	9	10	11
		4. »	47	33	39	48
		6. »	72	52	61	72
	Dunkel	2. »	9	9	9	9
		4. »	48	49	48	50
		6. »	80	79	84	86
Stengellänge	Licht	2. »	0	0	0	0
		4. »	7	6	7	7
		6. »	16	14	16	17
	Dunkel	2. »	0	0	0	0
		4. »	14	12	14	13
		6. »	27	26	28	27
Kranke Wurzeln	Licht	2. »	0	0	0	0
		4. »	0	10	4	0
		6. »	0	10	4	0
	Dunkel	2. »	0	0	0	0
		4. »	0	0	0	0
		6. »	0	0	0	0

So stark auch dieser Farbstoff fluoresziert, so gering ist seine photodynamische Wirkung. Auch mit anderen Samen konnte keine größere Schädigung erzielt werden.

Wie aus den wenigen tabellarisch zusammengestellten Versuchen, die so gewählt wurden, daß sie Art und Stärke der photodynamischen Schädigung leicht erkennen lassen, ersichtlich ist, nimmt die photodynamische Wirkung mit der Konzentration der fluoreszierenden Farbstoffe zu, bis sie etwa um 1 : 1000 bis oft 1 : 10.000 eine Grenze erreicht, von der an sie durch die Eigengiftigkeit der Farbstoffe verstärkt wird. Strenge Rechenschaft über die Schädigung kann, wenn keine äußerlichen Schädigungsmomente vorliegen, nur der zahlenmäßige Längenvergleich mit den Kontrollexemplaren geben.

3. Wesen der photodynamischen Wirkung und Ort des Angriffes.

In bezug auf das Wesen der photodynamischen Wirkung schließe ich mich der Ansicht Noack's an, daß es sich um Farbstoffperoxyde handelt, welche als Lichtkatalysatoren fungieren. Über den Ort des Angriffes dieser Peroxyde, ob eine Innen- oder Außenwirkung vorliegt, geben die gemachten Versuche keinen entscheidenden Aufschluß, da doch das Auseinanderhalten der beiden Wirkungsweisen und das Abgegrenztsein gegeneinander fast unmöglich ist. Die Schädigung kann von der stärker wie das Plasma gefärbten Zellwand nach innen vorgehen, muß es aber nicht. Schon Noack spricht sich in dem Sinne aus, daß Vorhandensein oder Nichtvorhandensein des Farbstoffes im Plasma keineswegs die Annahme oder Nichtannahme einer Innenwirkung berechtigt und daß das Fehlen einer Vitalfärbung die Außenwirkung noch nicht in sich einschließt, obschon er die letztere verteidigt. Während Noack in der photodynamischen Beinflussung des Plasmas eine Außenwirkung sieht, verteidigt Metzner teils durch kritisches Überlegen, teils an der Hand von Versuchen die photodynamische Innenwirkung. Die Tatsache, daß im Starklichtspektrum das Wirkungsmaximum gegenüber dem Absorptionsspektrum der Lösung verschoben erscheint, erklärt er auf diese Weise, daß der Farbstoff in die Zelle eindringt und dort ein anderes Spektrum besitzt als in der umgebenden wässerigen Lösung; das Wirkungsmaximum fällt mit dem Absorptionsspektrum des Plasmas zusammen, was für die Innenwirkung spricht.

Die Versuche mit Pflanzenkeimlingen lassen beide Erklärungen zu. Aus Schnitten durch Samen ist ersichtlich, daß Farbstoff, der im Innern des Endosperms oft weder makroskopisch noch mikroskopisch wahrgenommen werden kann, in den Holzelementen des Keimlings gespeichert ist. Diese makroskopische Speicherung des Farbstoffes ist ein Beweis dafür, daß derselbe den ganzen Samen durchdringt, wenn auch in sehr geringer Menge. In der Regel aber ist das Endosperm tief ins Innere hinein wenigstens schwach gefärbt (bei starken Konzentrationen), während die Samenschale von Farbstoffen vollkommen durchdrungen ist und die der Samenschale angrenzenden Zellschichten ebenso ziemlich starke Färbung aufweisen. Weil nun Farbstoff tatsächlich auch im Innern des Samens vorhanden ist, könnte man annehmen, daß die photodynamische Wirkung aus dem Innern des Samens nach außen sich entfaltet, womit aber noch nicht dargelegt ist, daß es eine Innenwirkung ist, eine Schädigung vom Plasma aus. Doch scheinen folgende Beobachtungen für die Innenwirkung zu sprechen:

a) Pisum sativum, das durch 24 Stunden zur Quellung in Eosin 1 : 10.000 und 1 : 25.000 belassen wurde, keimte dann 48 Stunden im Dunkeln. Die Wurzeln der Samen aus E. 1 : 10.000 hatten nach dieser Zeit eine Länge von 25 *mm*, jene von E. 1 : 25.000 eine solche von 32 *mm*. Nun wurden die Keimlinge unter Abhalten der Wärmestrahlen in starkes Sonnenlicht gestellt und nach abermals 48 Stunden kontrolliert. Ohne sich äußerlich irgendwie verändert zu haben, ohne jede Bräunung und Runzelung, stellte die Wurzel aus E. 1 : 10.000 das Längenwachstum ein; ihre Länge betrug wieder nur 25 *mm*. Nach weiteren drei Tagen war sich die Länge der Mehrzahl dieser Wurzeln immer noch gleich geblieben, aber die Wurzelspitze war bereits gebräunt und hinter der Wurzelspitze wiesen viele Exemplare Risse auf, als ob die Wurzel geplatzt wäre. Wurzeln aus E. 1 : 25.000 hielten im Längenwachstum nicht ein und unterschieden sich nicht viel von den zur Kontrolle im Dunkeln belassenen. Bei allen Versuchen konnte übrigens festgestellt werden, daß Samen mit starken Wurzeln, mit fluoreszierenden Farbstoffen nicht zu starker Konzentration imbibiert und dann zur Keimung durch längere Zeit im Dunkeln gehalten, dem Lichte ausgesetzt fast keine photodynamische Wirkung zeigen; es ist eben einerseits durch das schnelle Wachstum im Dunkeln, durch die Zellteilungen, der Farbstoff auf eine immer größer werdende Zahl von Zellen aufgeteilt und durch das Wasser des Filtrierpapieres derart verdünnt worden, daß er, sei er nun bloß in der Zellwand oder sei er auch im Plasma, in einer Konzentration vorliegt, die bei dem ziemlich starken Widerstande der Wurzeln photodynamisch nur wenig oder gar nicht wirken kann, andrerseits aber mag die Unfähigkeit solcher Wurzeln, durch Licht sensibilisiert zu werden, noch in weitaus höherem Maße darauf beruhen, daß die photodynamischen Stoffe in der Zelle chemisch verändert wurden. Auch bei ständigen Lichtversuchen haben Wurzeln, welche die ersten Tage ohne merkliche Schädigung überdauerten, später keine andere Wirkung gezeigt, als daß sie dem Kontrollversuche im Wachstum zurückblieben.

b) Eine ähnliche Erscheinung wie bei *Pisum* wurde in weit größerem Ausmaße bei den zarten Würzelchen von Senfsamen wahrgenommen. Je 100 Stück wurden der Quellung in H_2O und Methylenblau 1 : 1000, 1 : 10.000, 1 : 50.000 und 1 : 100.000 unterworfen und dann 5 Tage im Dunkeln keimen gelassen. Nach dieser Zeit wurden je 50 derselben, die gesunde Wurzeln und aufrechte Stengel hatten, der Einwirkung des Sonnenlichtes ausgesetzt. Die Wirkung tritt schon nach einigen Stunden zutage. Die Wurzel wird dünner, ohne irgendwie braun oder mißfarbig geworden zu sein und die Grenze zwischen Stengel und Wurzel tritt auf diese Weise kraß hervor. Nach einem Tage ist die Schädigung noch größer, die Wurzel wird noch dünner und etwas mißfarbig und die Pflanze knickt ein. Viele Blätter bekommen Flecken.

Am ersten und dritten Tage der Einwirkung ist das Versuchsbild folgendes:

Tabelle 1.

		H_2O	1:1000	1:10.000	1:50.000	1:100.000
Gesunde Wurzeln und aufrechte Stengel hatten	am 1. Tage	50	35	46	50	50
	am 3. Tage	50	0	10	25	30

Das Einstellen des Längenwachstums ohne sichtbare äußere Veränderung einerseits, sowie die durch irgendwelche fremden Prozesse im Innern hervorgerufene Turgoränderung, deren Folge wohl das Schlaff- und Dünnwerden der Wurzel zunächst ist, andrerseits, kann durch das »Angeätzt«-Werden des Plasmas von außen zwar als möglich gedacht, aber weniger leicht gedeutet werden. Ebenso stelle ich die Wachstumshemmung als Innenwirkung hin, während die Erscheinungen, unter welchen Wurzeln bei starken Konzentrationen zugrunde gehen (Bräunung, runzeliges Aussehen, Rißwunden usw.), eine Außenwirkung eher der Innenwirkung vorziehen, als sie ausschließen lassen. Es mag auch sein, daß in allen diesen Fällen sowohl Innen- wie Außenwirkung vorliegt. Versuche über diese Frage sind in Vorbereitung.

4. Zusammenfassung.

Werden Samen von *Pisum sativum*, *Vicia sativa*, *Lens esculenta*, *Sinapis alba*, *Triticum durum*, *Brassica oleracea*, *Lepidium sativum*, *Beta vulgaris* und *Spinacia* in fluoreszierenden Farbstoffen durch 24 Stunden hindurch quellen gelassen und dann zur Keimung ins Licht gestellt, so treten Erscheinungen auf, welche, da sie im Dunkeln nicht oder nur in geringem Maße beobachtet werden, als Folgen photodynamischer Wirkung angesehen werden müssen. Diese Erscheinungen umfassen Keimungshemmungen und Wachstumshemmungen sowie andere Schädigungen verschiedener Art. Der Grad jedweder Schädigung ist abhängig von der Stärke des Lichtes, der Art des fluoreszierenden Farbstoffes und der Konzentration desselben, und zwar in der Weise, daß mit der Lichtintensität und der Farbstoffkonzentration auch die photodynamische Wirkung zunimmt. Von den verwendeten Farbstoffen haben die größte Schädigung hervorgerufen Eosin, Safranin, Magdalarot und Erythrosin, weniger stark wirkten Methylenblau, Rhodamin und Diazoresorcin, während der am schönsten fluoreszierende Farbstoff, das Fluoresceïn, eine sehr geringe lichtkatalytische Wirkung ausübte.

Zunächst fällt es auf, daß bestimmte Samen, z. B. *Pisum sativum*, *Lens esculenta* und *Sinapis alba* sowie in geringerem Maße auch alle übrigen untersuchten, bei Verwendung von hohen Konzentrationen fluoreszierender Farbstoffe (1 : 1000, 1 : 10.000, 1 : 20.000) später auskeimen als die Kontrollsamen, welche die Quellung in Wasser durchmachen, und zwar um so langsamer, je stärker die Konzentration ist. Die späteren Schädigungsprozesse setzen sowohl im Stengel wie in der Wurzel ein, doch bekunden sie sich beim ersteren nur in einer minimalen Wachstumshemmung. Wie bei der Einwirkung anderer Strahlen (Radium-, Röntgen- und ultraviolette Strahlen) hemmt auch hier das Chlorophyllfilter des Stengels und Blattes die schädigende Wirkung, während die vom Chlorophyll ungeschützte, viel zartere Wurzel alle Grade von Giftwirkung zeigt bis zum vollständigen Verluste der Lebenstätigkeit.

Der leichteste Grad der Wurzelschädigung besteht in einer Wachstumshemmung, wie sie verursacht wird durch Eosin- und Safraninlösungen 1 : 20.000 bis 1 : 100.000, Magdalarot-, Erythrosin- und Methylenblaulösungen 1 : 20.000 bis 1 : 50.000, Diazoresorcinlösung 1 : 10.000 bis 1 : 20.000 und Fluoresceïnlösung 1 : 1000 bis 1 : 10.000. Bei allen diesen Farbstoffen sind die hier angegebenen geringsten Konzentrationen für die Wachstumshemmung zugleich die stärksten Konzentrationen für eine eventuell eintretende Stimulierung, also Wachstumsförderung. Doch sollen diese Zahlen keine fixen Grenzen bedeuten, die aufzustellen bei so vielen Bedingungsfaktoren (wie Samen, Herkunft desselben, Reife desselben sowie Art und Stärke des Lichtes) unmöglich ist. Bei diesem ersten Grad der Wurzelschädigung fehlen Wurzelhaare nie und haben immer oder fast immer die normale Länge. Der Stengel bleibt etwas oder gar nicht im Wachstum zurück oder aber zeigt bei den sehr verdünnten Lösungen eine beträchtliche Wachstumsförderung.

Ein höherer Grad der Schädigung ist das vielfach beobachtete Absterben der Wurzelspitze, das Einstellen des Längenwachstums, wobei aber das Hypokotyl und der kleine Teil der Wurzel erhalten bleibt, welcher nun nach allen Richtungen Nebenwurzeln aussendet. Am Hypokotyl ist Adventivwurzelbildung häufig. Oft tritt Wurzelregeneration ein, indem sich am Ende des Wurzelstummels, dicht am gebildeten Kallus, eine neue Wurzel entwickelt, welche die Richtung der Wurzel erster Ordnung einnimmt. Die besprochene Schädigung findet man oft bei Verwendung von *Pisum*- und *Lens*-Samen in Eosin, Magdalarot und Erythrosin 1 : 10.000 bis 1 : 20.000, Safranin 1 : 10.000 bis 1 : 50.000 und Methylenblau 1 : 10.000. Dabei tritt die Bildung der Wurzelhaare zurück und die ausgebildeten Haare sind merklich kleiner als die des Kontrollsamens. Der Stengel erreicht in der Regel nicht die Höhe des normalen.

Der höchsten Stufe der Giftwirkung geht der vollständige Verlust jedwedem Richtungsvermögen voraus. Die aus dem Samen hervorgekommene Wurzel reagiert weder auf geotropische noch auf hydrotropische Reize. Nach einigen Tagen (zwei bis drei) wird die Wurzel bräunlich und auch das Hypokotyl. Dabei werden sie gerunzelt, vielfach gekrümmt und oft ganz spiralig eingedreht. Mit Ausnahme der Wurzelhaube, welche vielfach erhalten und ganz braun ist, ist oft die ganze Wurzel rissig und quer gespalten. Die Wurzelhaare fehlen fast immer. Sind sie vorhanden, so sind sie sehr klein und in äußerst geringer Zahl. Der Stengel bleibt im Wachstum bedeutend zurück und ist etwas schwächer als der der Kontrolle. Solche Schädigung stellte ich fest bei Eosin, Magdalarot, Safranin und Erythrosin 1 : 1000 und oft selbst bei 1 : 10.000, ferner bei Methylenblau 1 : 1000. Im Dunkeln charakterisiert die Einwirkung so starker Konzentrationen die besonders bei *Sinapis* in Eosinlösung immer vorhandene Steifheit der Wurzel und des Stengels.

Im allgemeinen bleibt die Länge der Wurzel hinter jener der Kontrollkeimung um das zwei-, drei-, vier-, ja selbst siebenfache zurück, was aus den Tabellen ersichtlich ist.

Fluoreszierende Farbstoffe, welche zu konzentriert gebraucht werden (1 : 600, 1 : 800, 1 : 1000, bei gewissen Samen und Farbstoffen sogar 1 : 10.000), wirken auch im Dunkeln nachteilig, daher ist ihre Wirkung im Lichte auf kombinierte photodynamische Beeinflussung + Eigengiftigkeit zurückzuführen, was von den übrigen Forschern wohl zu wenig betont wurde.

Die Kontrollösungen von nicht fluoreszierendem Anilinblau und Fuchsin zeigten keine Schädigung. Die Konzentration 1 : 1000 verursachte aber auch hier eine Eigengiftwirkung sowohl im Lichte als auch im Dunkeln.

Der Angriffsort der photodynamischen Wirkung kann sowohl in der Zelle als in der Zellwand oder irgendwo außerhalb der Plasmahaut liegen. Die Einstellung des Längenwachstums der Wurzel, ferner die Wachstumshemmung bei geringer Konzentration und das rasche Absterben der Wurzel von Keimlingen, welche erst nach mehreren Tagen der Dunkelkeimung ins Licht gestellt werden, spricht mehr für eine Innenwirkung, während die starke Schädigung der Wurzel in stark konzentrierten Lösungen die Außenwirkung eher erklären könnte. Es ist nicht ausgeschlossen, daß eine Kombination beider Wirkungen stattfindet.

Figurenerklärung.

A. Versuch vom 16. Juni 1921. Quellung von *Pisum sativum* in H_2O und Eosin 1 : 1000, 1 : 10.000, 1 : 50.000. Versuch aufgestellt in Licht und Dunkel am 17. Juni und am 22. Juni photographiert.

Fig. I. Von oben nach unten:

1. Reihe	H_2O		Licht
2. »	Eosin	1 : 1000	»
3. »	»	1 : 10.000	»
4. »	»	1 : 50.000	»

Fig. II. Von oben nach unten:

1. Reihe	Eosin	1 : 10.000	Licht
2. »	»	1 : 10.000	Dunkel
3. »	»	1 : 50.000	Licht
4. »	»	1 : 50.000	Dunkel

B. Versuch vom 21. April 1921. Quellung von *Sinapis alba* in H_2O und Magdalarot 1 : 1000, 1 : 10.000, 1 : 100.000. Versuch aufgestellt in Licht und Dunkel am 22. April und am 25. April photographiert.

Fig. III. Von oben nach unten:

1. Reihe	H_2O		Licht
2. »	Magdalarot	1 : 1000	»
3. »	»	1 : 10.000	»
4. »	»	1 : 100.000	»

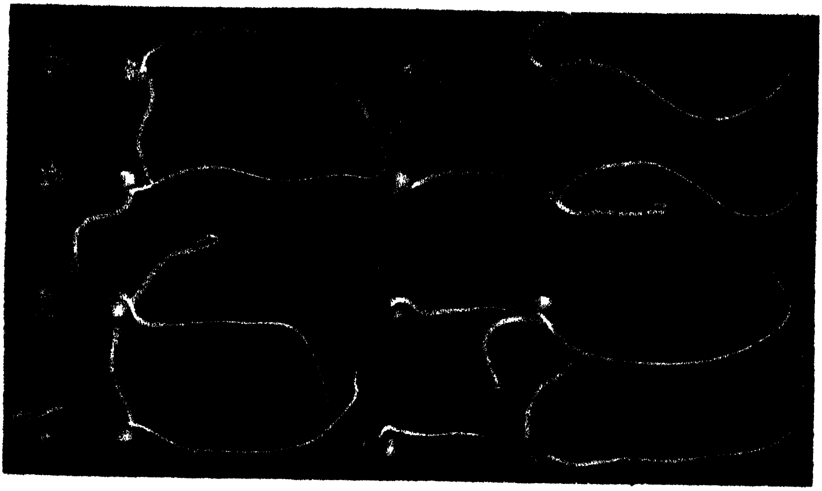
Fig. IV. Von oben nach unten:

1. Reihe	H_2O		Dunkel
2. »	Magdalarot	1 : 1000	Licht
3. »	»	1 : 1000	Dunkel (hier die Samen mit den längsten Wurzeln genommen!)

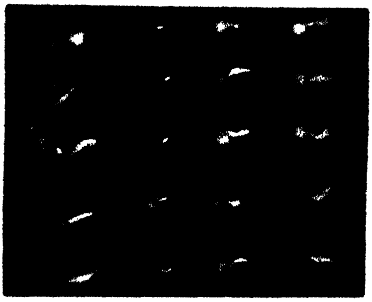
Piskernik, A.: Wirkung fluoreszierender Farbstoffe.

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien

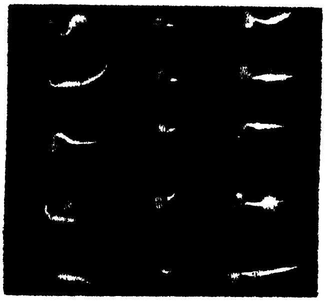
II.



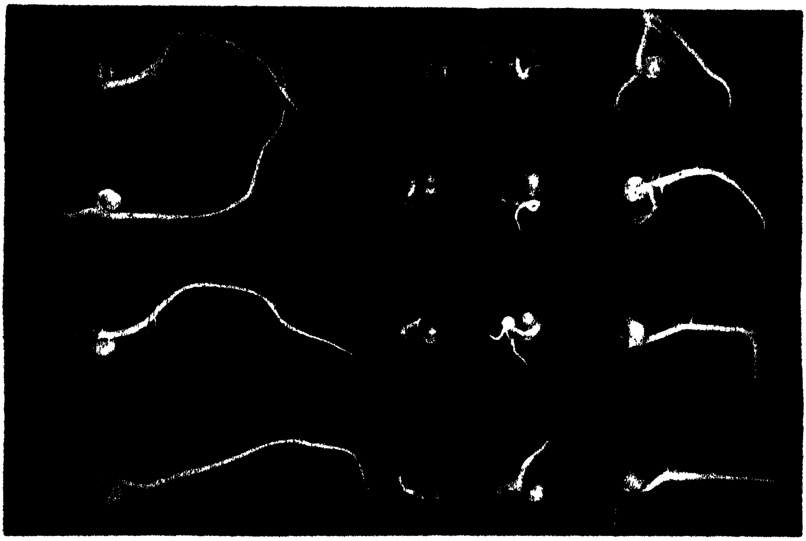
III.



IV.



I.



Autor fecit

Sitzungsberichte d. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, Bd. 130, Abt. I. 1921.

Beiträge zur Lebensgeschichte der Thysanopteren

I. *Thrips klapaleki* Uz., ein Orchideenschädling

Von

Dr. Hermann Priesner

(Mit 6 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. Juni 1921)

Im Mai des Jahres 1920 unternahm ich gemeinsam mit einigen Linzer Entomologen eine Exkursion in das faunistisch und floristisch interessante Ibmer Moos, an der Grenze von Oberösterreich und Salzburg, um die Thysanopterenfauna des ziemlich ausgedehnten Moores zu studieren. Außer einer Anzahl seltener Thysanopterenarten, wie *Megalothrips bonannii* Uz., *Anaphothrips badius* Will., *Limothrips schmutzi* Pr., fand ich unter Weidenrinden den Entwicklungskreis von *Trichothrips pini* Hal. und an *Orchis incarnata* L., die in zwei Farbenformen zahlreich die Ufer des Seeleitener Sees und das Moor westlich desselben schmückt, in größerer Zahl in beiden Geschlechtern den wenig bekannten *Thrips klapaleki* Uz.

Die genannte Art wurde im Jahre 1895 von Uzel nach Exemplaren, die aus Böhmen stammten, beschrieben, seither von P. Buffa in Italien (Pisa), von R. S. Bagnall in England und von mir bei Linz und Klaus in Oberösterreich aufgefunden. Bagnall fand in England auch das bisher unbekannte ♂ (siehe Literaturverzeichnis, Nr. 3), hat es aber meines Wissens noch nicht beschrieben.

Gleichzeitig mit den Imagines waren im Ibmer Moos auch Larven in allen Entwicklungsstadien und Nymphen zugegen. Die Jugendstände dieser Art waren bis jetzt nicht bekannt, weshalb eine genaue Beschreibung derselben nebst einer kurzen Charakteristik des stets brachypteren ♂ angeschlossen sei.

Kurzflügelige ♂♂ findet man unter den einheimischen Arten der Gattung *Thrips* L. nur bei *Thrips dilatatus* Uz., einem Bewohner der Scrophulariaceen *(Euphrasia, Pedicularis)*, und *Thrips nigropilosus* Uz., der auf *Achillea millefolium* schädigend auftritt, worüber später berichtet werden soll. Von diesen ist ersterer mit *Thrips klapaleki* Uz. meines Erachtens sehr nahe verwandt; es treten bei dieser Art, nebenbei bemerkt, auch brachyptere ♀ auf, was bei *Thrips klapaleki* nicht der Fall zu sein scheint. Von den zirka 100 weiblichen Exemplaren der genannten Art, die mir zur Untersuchung vorlagen, waren alle langgeflügelt.

Bei der Untersuchung der *Orchis*-Pflanzen fiel mir sofort auf, daß viele Exemplare rotbraune vertrocknete Blüten zeigten. Gerade an diesen Stücken der Orchidee fanden sich die Thripse und besonders reichlich die Larven in den Blüten und zwischen Fruchtknoten und Stützblättern. Bei näherer Betrachtung sah man nicht nur das Perigon und den Fruchtknoten — besonders der nicht völlig entfalteten Blüten — »rostfleckig« oder vertrocknet und verkrümmt, sondern auch die Stützblätter waren vielfach mißfarbig oder sogar an den Rändern eingerollt. Einige kümmerliche Exemplare der Orchideen zeigten nur mehr wenige unversehrte Blüten. An den Herbarexemplaren tritt die Schädigung nur sehr wenig hervor, da ja der Farbenkontrast fast wegfällt, nur die geschädigten Perigonblätter erscheinen den gesunden gegenüber teilweise gebleicht. Aus Alkoholmangel mußte ich es seinerzeit unterlassen, naß konserviertes Pflanzenmaterial einzutragen, so daß ich über den Ort der Eierablage, die Größe und Gestalt der Eier nichts sagen kann. Daß diese in das Gewebe der Pflanze abgelegt werden, dafür spricht der Umstand, daß sich zahlreiche sehr kleine, fast farblose Larven, die eben dem Ei entschlüpft sein mußten, vorfanden, welche wohl nicht insgesamt den weiten Weg aus dem Rasen oder anderswoher auf die Blütenähren der oft 25 *cm* Höhe erreichenden Pflanze machen konnten.

Daß die vorgefundenen Larven dem *Thrips klapaleki* angehören und nicht einer anderen Art, geht daraus hervor, daß die erwachsenen Larven in ihrer Größe und die Puppen in ihrem Körperbau den Imagines sehr ähnlich sind und daß außer den zahlreichen Imagines nur wenige Imagines anderer Arten in reichem Blütenmaterial zu finden waren. Es waren in den Blüten außer *Thrips klapaleki* noch *Thrips tabaci* Lind. (zirka 10 Stück ♀ und ♂), *Thrips physapus* L. var. *obscuricornis* Pr. (1 ♀), *Thrips major* Uz. (1 ♀), *Frankliniella intonsa* Tryb. (1 ♀, 3 ♂♂) und *Haplothrips aculeatus* F. (1 ♀) zugegen.

Beschreibung der Entwicklungsstadien.

A. Larve.

I. Stadium.

Die eben dem Ei entschlüpfte Larve ist durch ihre geringe Größe (Lg. 780 bis 800 μ), durch die plumpen Gliedmaßen und den fast völlig hyalinen Körper zu erkennen. Augen rot, Mundkegel gelblich. Die sechsgliedrigen Fühler (Fig. 1) sind durch kurzes, rundliches drittes Fühlerglied, das nur um 0·3 länger als breit ist, ausgezeichnet. Auffällig ist ferner eine sehr lange Borste auf der Unterseite des 2. Fühlergliedes, deren Spitze die Mitte des 3. Fühlergliedes überragt und die im folgenden Stadium wohl vorhanden, aber viel kürzer ist.[1] Das 3. Fühlerglied ist durch fünf deutliche Nähte und eine undeutliche Naht geringelt; diese Nähte sind mit äußerst winzigen Härchen spärlich besetzt (Fig. 1), das 4. Fühlerglied, das um 0·4 bis 0·5 länger ist als das dritte, erscheint durch sechs derartige Nähte geringelt; die letzte (distale) Naht schneidet hier ziemlich tief ein, so daß ein weiteres Fühlerglied vorgetäuscht wird. Das 5. und 6. Fühlerglied sind einfach, mit längeren Härchen besetzt. Fühlergliederlängen (-breiten): I. 16 (30) μ; II. 27 (26) μ; III. 38 (28 bis 30) μ; IV. 54 (27) μ; V. 14 (14) μ; VI. 26 (8) μ. Die Borsten auf Kopf, Thorax und Abdomen sind ähnlich wie bei der erwachsenen Larve angeordnet, nur erscheinen sie relativ und absolut kürzer. Die starken Borsten an den Hinterecken des Prothorax, ferner die Borsten auf den Abdominalsegmenten sind

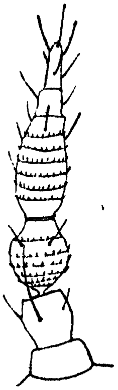


Fig. 1.

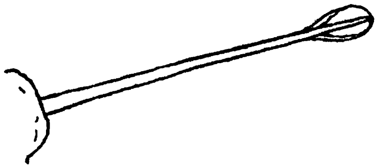


Fig. 2.

---

[1] Diese Borste, die vermutlich auch bei anderen Thripidenlarven im ersten Stadium auftritt, wird sich vielleicht als wichtiges Erkennungsmerkmal desselben erweisen.

(mit Ausnahme der völlig spitzigen vier Ventralborsten des mit sechs Borsten ausgestatteten letzten Segments) eigenartig gestaltet. Sie sind nicht besonders lang, gegen die Abdomenspitze allmählich länger, starr, wenig gebogen und an der Spitze mit einer löffeloder spatelförmigen Erweiterung versehen (Fig. 2). Im Kanadapräparat ist diese löffelförmige Verbreiterung nicht sichtbar, nur bei Beobachtung in Alkohol ist sie zu erkennen. Im Dauerpräparat erscheinen die Borsten also fast spitzig. Das 10. Abdominalsegment ist etwas länger als das 9., es ist aber nicht genau meßbar, da die Chitinisierung sehr schwach ist.

Durch Nahrungsaufnahme wohl erhält die Larve nach erfolgtem Wachstum des Rumpfes ein weniger plumpes Aussehen und ist dann schwach gelblich gefärbt. Nach einer vermutlich bald einsetzenden Häutung geht sie ein in das

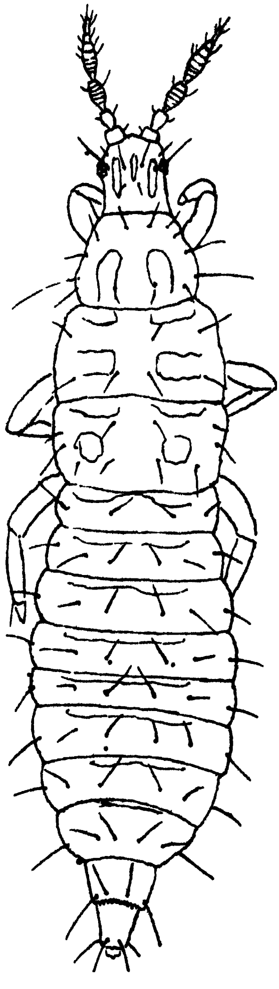


Fig. 3.

II. Stadium.

(Fig. 3 und 4.)

In dieser Entwicklungsstufe sind die Larven teils gelb,[1] teils rot gefärbt. Die rote Färbung zeigt an Kopf und Prothorax eine gelbrote Tönung, während der übrige Körper zinnober- bis karminrot gefärbt erscheint. Es ist nicht der ganze Körper rot, sondern es sind einige Stellen weißlichgelb, so einige Längsflecken am Kopfe, zwei Längsflecken am Prothorax, Querflecken am Meso- und Metanotum. Die Vorderränder und etwas schmäler die Hinterränder der Abdominalsegmente sind weißlichgelb gesäumt. Kopf und Prothorax sind teilweise, die hintere Hälfte des 9. und das 10. Abdominalsegment stärker chitinisiert, hellbräunlich. Augen tief rot pigmentiert, aus vier Fazetten bestehend. Fühler 220 μ lang, das 3. Glied viel gestreckter als bei Stadium I, es ist mehr als doppelt so lang (um 1·5 länger) als

---

[1] Die rein gelben Larven, etwas kleiner als die roten, unterscheiden sich sonst nicht von den erwachsenen roten, so daß ich glaube, daß beide zu einem Stadium gehören und daß es sich nicht um zwei durch Häutungen getrennte Stadien handelt, daß sich also das Pigment der Hypodermis im Laufe des Wachstums der Larve innerhalb eines Entwicklungsstadiums bildet.

breit. Die Borste auf der Unterseite des 2. Fühlergliedes ist kürzer als bei Stadium I, sie erreicht mit ihrer Spitze kaum das erste Drittel des 3. Gliedes oder überragt kaum das 2. Glied. Das 3. Glied ist wie vorhin sehr dünn gestielt, besitzt sechs bis sieben deutlich erkennbare Nähte, wodurch es in Ringel geteilt erscheint (sieben bis acht Ringel, je nachdem man die Stielchennaht einrechnet oder nicht). Die Nähte sind mit äußerst feinen Härchen bewimpert, die im Kanadapräparat kaum zu sehen sind. Das 3. Glied besitzt zwei dorsale und zwei ventrale Borsten. seitlich außen die Anlage von Sinneszäpfchen. Das 4. Glied ist wie beim I. Stadium länger und schmäler als das 3.; es hat sechs Nähte (sieben Ringel), deren letztes deutlicher abgesetzt ist und ein Fühlerglied vortäuschen könnte; das 4. Fühlerglied trägt innen und außen je einen schmalen Sinneskegel; diese stehen nicht auf gleicher Höhe (Fig. 4). Das 5. Glied ist kurz, das 6. länger und mit sechs längeren Borsten besetzt. Am Kopfe der Larve finden sich oben vier längere und vier sehr kleine, ferner unten vier sehr kleine Börstchen. Der Prothorax trägt eine Anzahl (ich zählte zwölf) Borsten, von denen zwei Paare an seinen Hinterecken länger sind, sie sind an der Spitze löffelförmig (siehe Fig. 2); ebensolche Borsten zählt man am Mesonotum acht, am Metanotum zehn; das 1. Abdominalsegment trägt oben vier, die übrigen Segmente haben sechs Borsten; das neunte Abdominalsegment hat im ganzen vier derartige Borsten (außerdem zwei spitzige Ventralborsten). das 10. deren zwei (vier spitzige). Das 9. Tergit trägt am Hinterrande einen schwachen Zähnchenkamm.

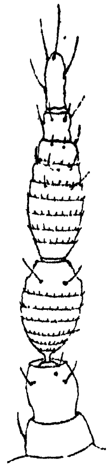


Fig. 4.

Maße in μ; Fühlergliederlängen (-breiten): I. 27 (35) μ; II. 34 (27) μ; III. 57 (28) μ; IV. 59 (24) μ; V. 14 (14 bis 15) μ; VI. 27 (10) μ. Kopf 143 μ lang, 116 μ breit. Prothorax 238 μ breit. Pterothorax 357 μ breit. Abdomen 390 μ breit. 9. Abd.-Segm. 81 μ, 10. Abd.-Segm. 67 bis 68 μ lang.

Die beiden Larvenstadien unterscheiden sich also, abgesehen von der Färbung und Größe, hauptsächlich durch die Beborstung des 2. und die Form des 3. Fühlergliedes.

III. Vorpuppe (Pronymphe, Propupa).

Dieses Stadium war in dem Material, das ich eingesammelt, nicht zu finden. Es ist wohl auch bei dieser Art, wie bei anderen Thripiden, von nur sehr kurzer Dauer.

IV. Puppe (Nymphe).

♀: Mit Ausnahme der Fühler und Beine rot pigmentiert, Prothorax 255 μ, Mesothorax 306 μ breit. Lg. 1·46 *mm*. Die langen

Flügelscheiden erreichen die Mitte des 6. Abdominalsegmentes. Die Fühlerscheiden sind auf die Oberseite von Kopf und Prothorax zurückgeschlagen; sie bedecken zwei Drittel des Prothorax. Von sehr langen Borsten stehen je drei an den Seitenrändern, zwei jederseits am Hinterrande. Abdomen langborstig. Von den zwei Paaren Chitinstacheln des letzten Segmentes stehen: oben zwei stark nach oben gekrümmte, stumpf zugespitzte, die sehr stark chitinisiert sind; darunter, etwas seitlich davon, zwei scharfspitzige, gerade nach hinten gerichtete Dorne, darunter liegt ein unpaarer, an der Spitze abgerundeter Fortsatz, der dem 11. Segment angehört (Fig. 5).

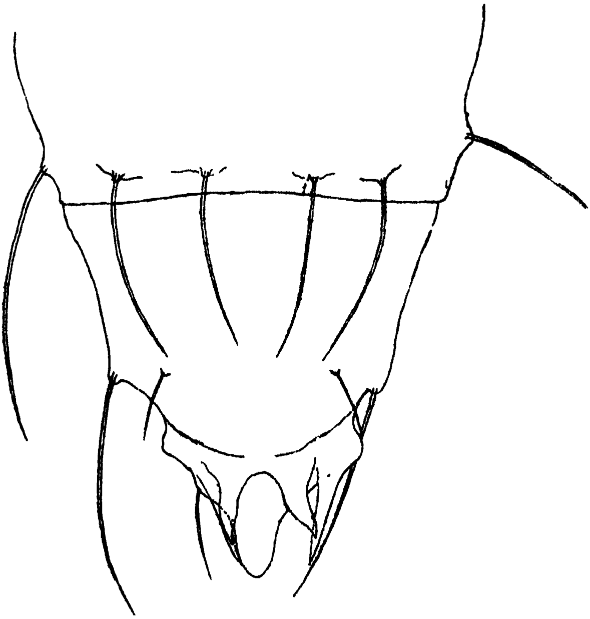


Fig. 5.

♂: Wie das ♀ gefärbt und gebaut, auch die Fühler wie bei diesem zurückgeschlagen, die Mitte des Prothorax überragend; kleiner (Lg. 1·3 *mm*), Flügelscheiden kurz, läppchenförmig, sie erreichen nicht den Hinterrand des Metanotums. Das letzte Abdominaltergit mit vier in einer Ebene liegenden, schräg nach oben gerichteten, spitzigen, starken Dornen besetzt; die Abdomenspitze viel weniger lang ausgezogen wie beim ♀ (Fig. 6).

V. Imago.

♀: Uzel, Mon. Ord. Thys. 1895, p. 203;

Syn.: *Thrips alpinus* Priesner, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, 1920, p. 78.[1]

---

[1] Da der von mir aus Ostpreußen angegebene *Thrips klapaleki* (Priesner nec. Uzel; Verh. d. phys.-ökonom. Ges., Königsberg 1916) sich als neue Art des

♂ (noch nicht beschrieben). Fast wie das ♀ gefärbt, im allgemeinen etwas heller, Körper etwas kleiner. Flügel stets verkümmert, nur als kleine Läppchen ausgebildet, die den Hinterrand des Metanotums nicht erreichen. Abdomen an der Basis sehr schmal, das 2. Segment am Hinterrande 184 μ breit, dann verbreitert, am 7. Segment am breitesten, 306 μ breit, erst vom 8. Segment an wieder stark verengt. Das 3. bis 7. Abdominalsternit mit sehr breiten, in der Mitte etwas verengten, lichten Vertiefungen, ähnlich wie bei *Thrips dilatatus*, sonst ohne sekundäre Sexualmerkmale.

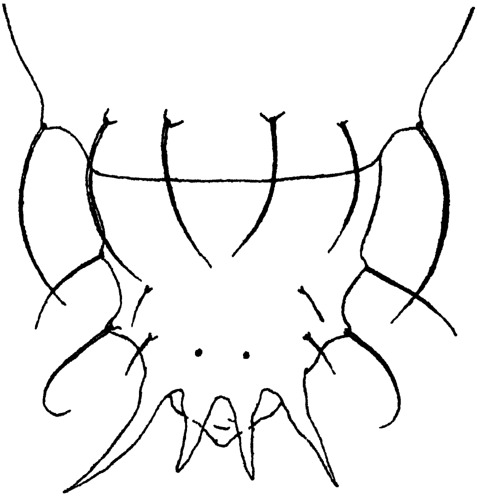


Fig. 6.

Maße in μ; Fühlergliederlängen: I. 24 μ; II. 41 μ; III. 59 μ; IV. 53 μ; V. 41 μ; VI. 55 μ; VII. 22 μ. Breite des Mesothorax 247 μ. Gesamtlänge zirka 1·1 *mm.*

Die ♂♂ waren in nur sehr geringer Zahl in den Blüten.

Nachtrag.

Durch die Güte des Herrn L. Gschwendtner (Linz), der Anfang Juni 1921 abermals das Ibmer Moos besuchte, erhielt ich einige durch *Thripse* geschädigte *Orchis incarnata*-Pflanzen, an denen ich mit Erfolg nach Eiern von *Thrips klapaleki* suchte.

---

von Bagnall mit Recht von *Thrips* L. abgetrennten Genus *Euchaetothrips* (*ingens* Pr. i. l.) erwies, den ich damals für *Thrips klapaleki* (Uzel) hielt, habe ich, nachdem ich den wahren *Thrips klapaleki* (Uzel) auffand, diesen als *Thrips alpinus* (l. c.) neu beschrieben. Nachträglich fand ich erst, daß Uzels Beschreibung seines *Thrips klapaleki* viel besser auf *alpinus* m. passe, als auf die habituell ähnlichen ostpreußischen Stücke.

Nebst einigen Imagines und Larven sah man an der Pflanze, besonders an den Fruchtknoten braune Pünktchen: die braun gefärbten Wände der durch den Stich des Legebohrers verletzten und abgestorbenen Pflanzenzellen. Nach Abheben der Epidermis der Fruchtknotenwand war an diesen Stellen je ein Ei im Wandparenchym steckend zu finden.

Das Ei steckt, mit dem Vorderende an der Epidermis festgekittet, mit dem anderen Ende frei, schräg nach abwärts ragend im Parenchym, ist gelblichweiß mit dünnem Chorion, 0·26 *mm* lang und 0·11 *mm* breit, länglich oval, am festgekitteten Ende wenig aber deutlich dicker als am anderen; es ist also nicht bohnenförmig wie bei manchen anderen Thripiden. Ich beobachtete ferner das Auskriechen der Larve, die unter ruckweisen Bewegungen aus dem Schlitz, der durch das Einstechen des Legebohrers gebildet wurde (dieser Schlitz vernarbt nach dem Stich), hervorkam, bei der jedoch die Extremitäten fest an den Leib gedrückt, wie angeklebt erschienen und die später einging; ich glaube deshalb, daß es sich in diesem beobachteten Falle nicht um den normalen Vorgang des Ausschlüpfens handelt, weshalb ich hier eine genaue Schilderung dieses offenbar pathologischen Falles unterlassen habe.

Verzeichnis der Figuren.

Fig. 1. Rechter Fühler der Larve von *Thrips klapaleki*, I. Stadium; Ventralansicht. Vergrößerung 265 fach.

Fig. 2. Löffelförmige Borste (9. Segment) von *Thrips klapaleki*. Vergrößerung 970 fach.

Fig. 3. Larve von *Thrips klapaleki*, II. Stadium. Vergrößerung 80 fach.

Fig. 4. Rechter Fühler der Larve von *Thrips klapaleki*, II. Stadium. Dorsalansicht. Vergrößerung 265 fach.

Fig. 5. 9., 10. und 11. Segment des Abdomens der ♀-Puppe von *Thrips klapaleki*. Dorsalansicht. Vergrößerung 265 fach.

Fig. 6. 9., 10. und 11. Segment des Abdomens der ♂-Puppe von *Thrips klapaleki*. Dorsalansicht. Vergrößerung 265 fach.

Literaturverzeichnis.

1. **Uzel**, H. Monographie der Ordnung *Thysanoptera*. 1895, p. 203 und Taf. VI, Fig. 107.
2. **Buffa**, P. »Redia«, 1909, Vol. V, p. 135.
3. **Bagnall**, R. S. Trans. Nat. Hist Soc. Northumberland etc. Vol. IV, Part. II, March 1912, p. 347 und 354 (♂).
4. — Journ. Econ. Biol., Dezember 1912, Vol. VII, Nr. 4, p. 193.
5. **Priesner**, H. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch., Wien, math.-natur. Kl., Abt. I., 129. Bd., 1. und 2. Heft, 1920, p. 78 (*Thrips alpinus* Pr.).
6. — 78. Jahresbericht d. Mus. Franc. Carol., Linz 1920, p. 60; Sep., p. 13.

Versuch einer Lösung des Heterocysten-Problems

Von

Lothar Geitler in Wien

(Mit 1 Tafel)

(Vorgelegt in der Sitzung am 23. Juni 1921)

Einleitung.

Bei einem großen Teil der Schizophyceen kommen die unter dem Namen Heterocysten (Grenzzellen) bekannten, eigentümlichen Zellen vor, nach denen die ganze Gruppe den Namen *Heterocysteae* bekommen hat. Diese Bildungen sind so auffallend, daß sich die Frage von selbst aufdrängt, was sie eigentlich zu bedeuten haben.

Ein Teil der Autoren wollte beweisen, daß die Heterocysten nichts anderes seien als degenerierende Zellen, die keine Bedeutung an sich, sondern nur eine für den Faden, in dessen Verlauf sie auftreten, besitzen. Diese Behauptung wirkt wegen des großen Mißverhältnisses zwischen dem komplizierten Bau, der eine recht wichtige Funktion erwarten läßt, und den ihnen zugeschriebenen nebensächlichen Funktionen (die übrigens mitunter nur eine unberechtigte Verallgemeinerung von an kleinen Gruppen gewonnenen Erfahrungen darstellen) ziemlich unbefriedigend. — Ein anderer Teil hielt diese sichtlich im Vergleich zu den vegetativen Zellen oder gar zu den Dauerzellen an festen Inhaltsstoffen armen Zellen für Reservestoffbehälter. — Außerdem beschrieben einige wenige Autoren Erscheinungen, die auf eine auffallende Lebendigkeit des Inhalts, speziell auf Fortpflanzungsvorgänge, hindeuteten. Diese unsystematischen, auf zufälligen Beobachtungen beruhenden Angaben konnten den Kampf mit den systematisch angestellten Untersuchungen nicht aufnehmen, zumal die Beobachter selbst ihnen keine Bedeutung beimaßen oder sie nach einer der beiden Meinungen interpretierten, also sie entweder als Abnormität des degenerierenden oder des Reservestoff speichernden Inhaltes hinnahmen.

Die erste Annahme, der zufolge die Heterocysten degenerierende Zellen ohne unmittelbare Bedeutung sind, die, wie **Borzi** (5) will, zur Unterbrechung des Fadens und zur Koloniebildung, oder, nach der Meinung **Kohls** (14), der Scheinastbildung und »Hormogoniengeburt« dienen, besitzt die meisten Anhänger. Noch in letzter Zeit ist eine Arbeit (21) erschienen, die diese Ansicht verficht, wenn auch nur mit Beschränkung auf die Nostocaceen. Diese Beschränkung scheint mir bereits für eine wirkliche Lösung des Problems verfehlt. Da die Heterocysten bei allen Formen in prinzipiell derselben Gestalt auftreten, so kann ein Licht auf die Frage nur fallen, wenn man nach der Bedeutung der Heterocysten überhaupt frägt.

Der Autor unterscheidet die drei oben angeführten Möglichkeiten. Das Resultat der — hauptsächlich cytologischen — Untersuchungen ist, daß die Heterocysten degenerierende Zellen sind, die ein Zerreißen des Fadens bewirken, und zwar dadurch, daß sie in loserem Zusammenhang mit den vegetativen Zellen stehen als diese untereinander.

Wie wenig durch diese Lösung gewonnen ist, sieht man, wenn man sich folgende Fragen vorlegt. Was sollen die terminalen Heterocysten bedeuten, wie sie an den Enden der Hormogonien von *Nostoc* auftreten und wie sie für die Rivulariaceen charakteristisch sind? Was soll die serienweise Anordnung zu mehreren hintereinander, wie sie bei fast allen *Heterocysteae* eine sehr häufige Erscheinung ist? Wozu dienen die Heterocysten in den mehrreihigen Fäden der Stigonemataceen? Was bedeuten die nicht seltenen Fälle, in denen sich Heterocysten in ganz jungen, zwei- oder vierzelligen Keimlingen, oft noch vor dem Aufspringen der Dauerzellenmembran, bilden?[1]

Überdies können die den Heterocysten zugeschriebenen Funktionen auch ohne ihre Mithilfe zustande kommen, was auch **Lemmermann** (15, p. 15) feststellt.

Es fragt sich, wie man zu dieser Ansicht hat kommen können, da die Heterocysten bei naiver Betrachtung durchaus den Eindruck von lebendigen und wichtigen Organen, speziell von Fortpflanzungsorganen, machen. Dafür hielten sie auch die älteren Autoren, wie **Kützing**.[2] Diese Annahme behauptete jedoch zuviel, da an Fortpflanzungsorganen Fortpflanzungsvorgänge zu beobachten sein müssen, was aber den späteren Autoren nicht gelang. Sie behaupteten nun zu wenig, indem sie die Ansicht vertraten, daß die Heterocysten mit Fortpflanzungsvorgängen überhaupt nichts zu tun hätten. Unter diesem Zeichen stehen alle folgenden Untersuchungen. Da keine Keimung beobachtet werden konnte, so wurde die relative Farblosigkeit und Armut an festen Stoffen des Inhalts als Absterbeerscheinung gedeutet. Man ging so weit, die Gelbfärbung der Heterocysten in die Membran zu verlegen und den Inhalt als wässerig zu bezeichnen (z. B. Kirchner, 13, p. 47). Zwar hatte Pringsheim (19) eine gegenteilige Bemerkung gemacht, nämlich bei *Rivularia* eine grüne Heterocyste mit körnigem Inhalt beobachtet, doch wurde die kleine Notiz nicht weiter beachtet. Ebenso erging es der Bemerkung, die Bornet und Thuret an *Nostoc ellipsosporum* machten. 4, p. 94 heißt es: »il n'est pas rare de rencontrer de vieux hétérocysts dont le contenu est redevenu granuleux, un peu verdâtre, et qui ressemblent à des spores.« (Vgl. Taf. XXVII, Fig. 8). 1903 erschien dann die ausführliche Arbeit Kohls (14), die den cytologischen Nachweis zu erbringen schien, daß der Inhalt der Heterocysten in Degeneration begriffen sei. Knapp vorher war die Arbeit Brands (6) erschienen, der an Heterocysten von *Nostoc commune* Keimungsvorgänge sah.[1] Kohl, der sie vor der endgültigen Drucklegung seiner Abhandlung noch zu Gesicht bekommen hatte, wurde durch sie zu keiner anderen Meinung gebracht (14, letzter Abschnitt).

---

[1] Diese Beobachtung habe ich namentlich an *Nostoc*-Arten häufig gemacht (vgl. auch 2).

[2] Zitiert bei **Brand** (7, p. 42).

Was die Ansicht 2 anbelangt, so stellte man sich vor, daß die an den Pori der Heterocysten auftretenden *Cyanophycin*-Körnchen als Reservestoff dienen. Hieronymus (12, p. 483) stellte dies als Vermutung auf, während Hegler (11, p. 305) dieser Meinung schon entschiedener zuneigte. Auch Brand (7, p. 44) schloß sich dieser Auffassung an und deutete seine Keimungen als ausnahmsweise Funktion der sonst Reservestoff speichernden Heterocysten. Lemmermann (15, p. 15) erhebt dagegen den ganz richtigen Einwand: »Als Reservestoffbehälter möchte ich sie (die Heterocysten) nicht auffassen, da dann der Inhalt doch annähernd denselben Reichtum an Reservestoffen aufweisen müßte, wie bei den Dauerzellen.«

Zur Ansicht 3 ist zu bemerken, daß an Heterocysten in der Regel keine Fortpflanzungserscheinungen zu beobachten sind, daß man sie daher nicht schlechthin als Fortpflanzungsorgane bezeichnen kann. In welchem Sinn man davon reden kann, werden die nächsten Kapitel zeigen.

Hier ist noch die Arbeit Spratts (20) zu erwähnen, in der die interessante Beobachtung von aus Heterocysten der in den *Cycas*-Wurzelknöllchen lebenden Schizophycee austretenden Gonidien mitgeteilt wird.

Zum Schlusse dieses Abschnitts soll noch die Ansicht Carters (8, zitiert bei Brand, 7, p. 42), die auch ich einige Zeit erwogen, aber nicht bestätigt gefunden habe, Erwähnung finden. Es handelt sich um die Auffassung, daß die Heterocysten zur Befruchtung der Dauerzellen dienen, also namentlich dort, wo die Dauerzellen in unmittelbarer Nähe der Heterocysten entstehen, wie bei *Cylindrospermum*, einigen *Anabaena*-Arten und einigen Rivulariaceen. Man kann jedoch in keinem Fall irgendeine Veränderung, auch nicht cytologisch, in den den Dauerzellen benachbarten Heterocysten feststellen (siehe Fig. 1 der Tafel). Die Entwicklung erfolgt während der Entstehung der Dauerzellen bis zu ihrer Reife genau so, wie in irgend einer anderen Heterocyste auch.

---

[1] Dieser Schrift verdanke ich die eigentliche Anregung zu meinen Untersuchungen.

Morphologie und Cytologie.

Um der Lösung des ganzen Problems näher zu kommen, war Vorbedingung ein genaues morphologisches und cytologisches Studium. Auf die Cytologie wurde nur soweit eingegangen, als es bei der auf diesem Gebiet herrschenden Unsicherheit ohne Vornahme eigener größerer Arbeiten in dieser Richtung möglich war.

Das untersuchte (lebende) Material war das folgende:

Nostoc punctiforme (aus Gunnera und Cycas)
» *paludosum*
» *Linckia*
» *carneum*
» *ellipsosporum*
» *commune*
» *microscopicum*
» *sphaericum*
» *verrucosum*
Anabaena Hallensis
» *oscillarioides*
» *Azollae*
Cylindrospermum muscicola
Microchaete tenera
Scytonema Hofmanni
» *Julianum*
Tolypothrix lanata[1]
» *limbata*
Hapalosiphon flexuosus
Stigonema minutum
Calothrix fusca
Rivularia, 2 Spezies.

Außerdem noch einige nicht bestimmbare *Nostoc* und *Scytonema*- oder *Tolypothrix*-Arten.

---

[1] Lemmermann (15, p. 218) vereinigt *T. lanata* mit *T. tenuis* und nennt sie *T. tenuis*. Nach meinen Erfahrungen ist *T. lanata* eine wohl unterschiedene eigene Form.

Als Vergleichsmaterial für die Cytologie wurden Chroococcaceen und Oscillatoriaceen herbeigezogen.

Die Kulturbedingungen werden, wo es darauf ankommt, besonders erwähnt werden. Im allgemeinen wurden Agarkulturen benutzt oder die Algen submers in Nährlösung gezogen. Als hinreichend erwies sich eine Lösung einer Messerspitze K_2HPO_4 und die gleiche Menge $Ca(NO_3)_2$ in 1 *l* Leitungswasser.

Zu den Untersuchungen diente ein Zeißmikroskop, Wasserimmersion J mit Korrektionsfassung und Oc. 4. In besonders kritischen Fällen stand mir die homogene Imm. 2 *mm*, Ap. 1·30 und Kompensations-Oc. 8 von Zeiß zur Verfügung.

Bei der Untersuchung des Materials war zunächst die vollkommene prinzipielle Übereinstimmung im Bau der Heterocysten bei allen Formen festzustellen. Die vollentwickelten Heterocysten besitzen nebst einer äußeren, der Membran der vegetativen Zellen entsprechenden Pektinmembranschichte eine innere, bei der ich mit Chlorzinkjod immer Violettfärbung erzielen konnte und die auch die übrigen Jod-Zellulosereaktionen zeigte. Demnach scheint sie aus Zellulose zu bestehen, wie auch frühere Autoren angeben. Sie verrät sich ohne Vorbehandlung durch ihr starkes Lichtbrechungsvermögen, ist aber an prallen, ungeschrumpften Exemplaren als besondere Schichte nicht immer unterscheidbar, so daß manchmal der Eindruck einer einheitlichen Membran erweckt wird. Fig. 3,[1] 5, 11, die linke Heterocyste in Fig. 18 und die obere in Fig. 30 lassen beide Schichten erkennen, dagegen Fig. 1, 2 und 6 bis 9 nicht. In diesen Fällen kann man sie meist durch Plasmolytica, wie Glyzerin oder Eisenalaun, zum Abheben bringen und so voneinander isolieren. Durch Druck auf das Deckglas kann man oft den gleichen Effekt erzielen (Fig. 27, untere Heterocyste). In abgestorbenen und geschrumpften Heterocysten ist sie meist ohne Präparation sichtbar (Fig. 10, obere Heterocyste). Sie bleibt lange Zeit nach dem Absterben des Protoplasten erhalten und verschwindet erst spät, wenn eine Verschleimung und Auflösung der Pektinschichte eingetreten ist.

Mit der Ausbildung der Zelluloseschichte geht oft, aber nicht immer, eine Größenzunahme Hand in Hand. Der Inhalt wird ärmer an körnigen Bestandteilen, die Rindenschicht verliert ihre grüne Färbung und die Heterocyste nimmt eine gelbe Farbe an.[2] Diese Erscheinung beruht wohl zum Teil auf dem Übrigbleiben des Karotins, welches nach der Kalimethode von Molisch[3] (17) zum Auskrystallisieren gebracht werden kann.

---

[1] Von dem eingezeichneten Inhalt ist in diesen und den folgenden Fällen zunächst abzusehen.

[2] Daß die gelbe Färbung nicht der Membran, sondern dem Inhalt zuzuschreiben ist, ist an vakuolisierten sowie an alten, inhaltsleeren Heterocysten sichtbar (vgl. z. B. Fig. 10 mit Fig. 2 und 11).

[3] Einlegen auf mehrere Tage in 20% (Gew.) KOH + 40% (Vol.) Alkohol.

Die Pori, durch die die vegetativen Zellen miteinander in plasmatischer Verbindung stehen, bleiben bei der Bildung der Heterocysten erhalten und treten deutlich hervor, namentlich wenn in ihrer Umgebung die Zelluloseschichte stärker ausgebildet ist (vgl. z. B. Fig. 3).

Manche vegetative Zellen besitzen nur an einer Seite einen Porus mit Plasmaverbindung, nämlich alle Endzellen der Fäden. Dabei ist es gleichgültig, ob sich an die Zelle überhaupt keine mehr anreiht, oder ob sie an eine degenerierende oder tote (Spaltkörper etc.) angrenzt. Verwandeln sie sich in Heterocysten, so besitzen auch diese nur einen Porus. Das ist z. B. der Fall bei *Tolypothrix*, wenn die Scheinastbildung durch einen Spaltkörper eingeleitet wird (vgl. hierüber 7, p. 39 und Fig. 7 bis 9 meiner Tafel). Verwandelt sich eine Zelle im Fadenverlauf mit angrenzenden gesunden vegetativen Zellen in eine Heterocyste, so besitzt diese zwei Pori (siehe Fig. 3). Bei den mehrreihigen Fäden der Stigonemataceen kann sie wahrscheinlich auch mehr besitzen.

Demnach ergibt sich die Einteilung in terminale und interkalare Heterocysten, je nachdem sie aus terminalen oder interkalaren vegetativen Zellen entstanden sind. Man hat außerdem als Unterabteilung der terminalen basale (an der Basis der peitschenförmigen Fäden der Rivulariaceen), als Unterabteilung der interkalaren laterale (in den mehrreihigen Fäden der Stigonemataceen) unterschieden. Ich nenne jede Heterocyste mit nur einem Porus terminal, auch wenn sie scheinbar im Fadenverlauf auftritt,[1] und jede mit zwei oder mehreren interkalar, auch wenn sie — wie es durch Abreißen manchmal vorkommt — scheinbar am Ende steht. Diese genetische Einteilung trifft das Wesen der Sache besser als die bloß deskriptiven Einteilungen nach der Stellung im Faden.

Die Entwicklung der Heterocysten von ihrer Bildung aus den vegetativen Zellen an bis zu ihrem Tod stellt in der Regel keine stetig abfallende Kurve dar, wenn man auf der Ordinate den Grad der Degeneration des Inhalts und auf der Abszisse die Zeit aufträgt. Vielmehr schaltet sich an einer bestimmten Stelle ein horizontales oder schwächer abfallendes Kurvenstück ein. Während dieser Zeit besitzt die Heterocyste ihre fertige Form und Größe, die Zelluloseschichte ist ausgebildet und der Inhalt zeigt ein gelbliches Aussehen. Wie aus der Cytologie hervorgehen wird, wäre die Kurve besser so darzustellen, daß das erste absteigende Stück ansteigend zu zeichnen wäre (Entwicklung bis zur vollen Ausbildung), darauf ein ± ausgedehntes Maximum eintritt (Stillstand auf der vollen Ausbildung) und hierauf das Absteigen (Degeneration bis zum Schwund des Protoplasten) erfolgt.[2]

---

[1] Tatsächlich bezeichnet sie immer das Ende eines Fadens.

[2] Die Entwicklung erfolgt nicht immer in der angegebenen Weise. Manchmal treten schon frühzeitig als Zeichen beginnender Degeneration Vakuolen auf (siehe Fig. 25, oberste Heterocyste).

Diese Erscheinung eines Stillstandes in der Entwicklung habe ich an jungen, kugelförmigen Kolonien von *Nostoc commune*, die noch aus einem einzigen Zellfaden bestanden, auf Agar beobachtet. Obwohl ich nicht mit markierten Individuen, sondern mit ganzen Kolonien arbeitete, kommt mir diese Entwicklung doch ziemlich sichergestellt vor. Für die Fähigkeit, auf dem Stadium der vollen Entwicklung stehen zu bleiben, sprechen auch die Beobachtungen an im Winter gesammeltem Material: es zeigt immer eine Menge entwickelter, aber sehr wenige oder gar keine jungen Heterocysten. In diesem Stadium besitzt die Heterocyste eine bestimmte Färbung, die bei verschiedenen Formen meist verschieden ist (vgl. Fig. 2, 3 und 11).

Der Entwicklungsgang der Heterocysten ist ganz analog dem der Dauerzellen, wenn sie unter Bedingungen stehen, die ein Auskeimen verhindern. Zuerst erfolgt die Ausbildung bis zur Reife, dann tritt eine Ruheperiode ein und schließlich erfolgt der Tod. Daß es sich um keine bloß äußerliche Ähnlichkeit, sondern um eine wirklich analoge Erscheinung handelt, ließe sich zeigen, wenn es gelänge, die die Keimung verhindernden Faktoren aufzuheben.

Solange die Heterocysten noch lebensfrisch sind, d. h. während der ersten Entwicklung und während der Ruheperiode, stehen sie mittels Plasmodesmen, die die Pori durchsetzen, in Verbindung mit den angrenzenden vegetativen Zellen. Das läßt sich durch verschiedene Mittel nachweisen. Kohl (14, p. 106) gibt die Methode mittels heißen Karbolfuchsins an, die aber den Nachteil hat, daß sich Gallerte und Scheiden stark mitfärben und so die Deutlichkeit der Bilder beeinträchtigen. Ich behandelte lebendes Material zunächst durch 8 Tage mit der von Molisch (17) zum Karotinnachweis empfohlenen Kalimethode und färbte dann 2 Stunden in konzentrierter wässeriger Eosinlösung. Die die Pori der Heterocysten durchsetzenden Plasmodesmen sind dann als rosa gefärbte, feine Fäden sichtbar.

Wandeln sich die an die Heterocysten anstoßenden vegetativen Zellen in Heterocysten um (bei interkalaren zu beiden Seiten, bei terminalen an einer), so wird die Plasmaverbindung zwischen der älteren und der in Bildung begriffenen Heterocyste aufgehoben und die jüngere zeigt an der der älteren Heterocyste benachbarten Seite keinen Porus, sondern nur einen an der an die vegetativen Zellen angrenzenden Seite. Diese Entwicklung kann in derselben Art weitergehen: es entstehen dann die bekannten Serien von Heterocysten, die bis zu zehn und darüber Individuen zählen können. An die älteste Heterocyste reihen sich beiderseitig (bei interkalaren) oder einseitig (bei terminalen) nach dem Alter in absteigender Linie terminale Heterocysten; die Pori befinden sich alle an der der ältesten Heterocyste abgekehrten Seite. Dieser Vorgang ist ein gesetzmäßiger, er erfolgt nie in anderer Weise. Die nächst ältere Heterocyste übt dieselbe Wirkung wie ein Spaltkörper oder sonst eine degenerierende Zelle aus. Ein Schließen der Pori der sich in terminale Heterocysten umwandelnden vegetativen Zellen, d. h. die Aufhebung der Plasmaverbindung, kann nicht verwundern, da dasselbe z. B. auch bei der Dauerzellenbildung eintritt.

Zwischen der Ausbildung der Serien und der der Dauerzellen scheint eine Korrelation zu bestehen. Wo die Tendenz zur Dauerzellenbildung schwach ist (z. B. bei *Nostoc Linckia* und *Nostoc microscopicum* oder bei den Formen, denen Dauerzellen überhaupt fehlen), treten häufiger Serien auf als im umgekehrten Fall (z. B. bei *Anabaena oscillarioides*, *Anabaena Hallensis*, *Cylindrospermum muscicola*). Die Tendenzen hängen nicht nur vom Material ab, sondern sind auch durch Außenbedingungen Schwankungen unterworfen.

Die Anordnung, die die Bilder Kohl's (14, Taf. *c*, 4 und Taf. *g*, 8) zeigen, bei der die Heterocysten untereinander in Kommunikation stehen, ist eine Ausnahmserscheinung, die bei *Tolypothrix lanata* häufiger auftritt (wenn auch im Vergleich zu der oben beschriebenen Weise selten), bei anderen Formen aber nur ganz vereinzelt. Sie stellt den Grenzfall zu einer von mir an *Nostoc Linckia* und anderen *Nostoc*-Arten, *Scytonema Julianum, Tolypothrix lanata, Tolypothrix limbata, Stigonema minutum* beobachteten, wahrscheinlich bei allen Formen möglichen Erscheinung dar. Es handelt sich um Heterocysten, die in Teilung begriffen zu sein scheinen. Fig. 6 stellt einen Fall dar, wie ich ihn nur an *Tolypothrix lanata* beobachtete. Es scheint sich hier die Heterocyste in drei Teile zu teilen. Im unteren Teil sieht man nur eine Einschnürung, während im oberen sich die Querwand bereits gegen die Mitte zu schließen scheint. Verbreiteter ist der in Fig. 7 abgebildete Fall. Ich beobachtete (an verschiedenen Exemplaren) alle Stadien von der Einbuchtung der Membran am Äquator bis zum Zusammenschluß der Querwand, wobei aber ein Porus offen bleibt. Dies ist der von Kohl abgebildete Grenzfall. Brand (7) hat dieselbe Erscheinung an *Tolypothrix penicillata* beobachtet (vgl. seine Abb. 10 und 11, Taf. 2) und sie als Teilungsstadien der fertigen Heterocysten angesehen, ohne die Entwicklung an einem Individuum verfolgt zu haben. Palla (18, Fig. 21, 22, Taf. XXIV) hat sie ebenfalls an *Tolypothrix lanata* gefunden. Ich verfolgte einige solcher Heterocysten auf *Agar*, ohne das geringste Wachstum feststellen zu können. Somit handelt es sich nur um in Teilung begriffene vegetative Zellen, die ihre Teilung unterbrochen haben[1] und deren beide noch nicht vollständig voneinander getrennte Zellhälften sich als ein Individuum in eine Heterocyste umgebildet haben. Während der Umbildung erfolgen noch kleine Veränderungen, wie Abrundung der Formen, so daß die fertige Doppelheterocyste nicht genau dasselbe Aussehen wie die ursprüngliche in Teilung begriffene vegetative Zelle besitzt.

---

[1] Nach der Ansicht Fischers (9) können Zellteilungen bei Schizophyceen an jeder beliebigen Stelle der Entwicklung unterbrochen werden.

Einen besonderen Fall terminaler Heterocysten stellen jene dar, bei welchen die Zellulosemembran an der den Porus besitzenden Querwand fehlt, so daß hufeisenförmige Formen entstehen. Solche Heterocysten zeichnet auch Palla (18, Taf. XXIV, Fig. 1, 2 und 9).

Im Inneren der Pektin- und Zelluloseschichten befindet sich der Protoplasmakörper. Er ist, wenn die Heterocyste vollentwickelt ist, von einer besonderen Membran rundum umgeben, die sehr dünn ist, wie die Membran der Keimlinge in den Dauerzellen. In prallen, lebensfrischen Heterocysten ist sie nur schwer sichtbar, da sie durch den Turgor des Protoplasten eng an die Zelluloseschicht angepreßt wird. Dagegen ist sie in abgestorbenen Exemplaren mit geschwundenem Protoplasma leicht bemerkbar (siehe Fig. 10, obere Heterocyste). Sie ist durch Plasmolyse wie die Membran der vegetativen Zellen nur schwer abzuheben, manchmal gelingt es, sie durch 33$^0/_0$ Chromsäure sichtbar zu machen,[1] meist dann, wenn der Inhalt bereits vakuolisiert ist.

Bisher wurde von einem zwar nicht so wichtigen, wie Kohl glaubt, aber häufig auftretenden Inhaltsbestandteile der Heterocysten abgesehen. Das sind die Verschlußkörper Kohls, die Cyanophycinkörnchen Borzis (5) u. a. Autoren, die Eiweißkrystalloide Heglers (11).

Auf ihren cytologischen Wert wird später eingegangen werden. Hier kommt es zunächst auf ihre physiologische Bedeutung an. Die Ansicht Heglers, derzufolge sie Reservestoffe darstellen, kann durch nichts bewiesen werden. Nie kann man ein Schwinden beobachten, vielmehr trifft man sie in abgestorbenen und aus dem Fadenverband gelösten Heterocysten häufig an.

Nach der Auffassung Kohls wären sie den Kallusplatten in Siebröhren analoge Bildungen. Zunächst ist zu bedenken, daß sie fehlen können,[2] ohne daß die Entwicklung der Heterocysten irgendeine Abänderung erlitte. Ich habe diese Erscheinung an markierten Individuen (z. B. von *Nostoc Linckia*) oft festgestellt. Fig. 2, 25 und 27 zeigen noch grüne, in Bildung begriffene Heterocysten, die keine Verschlußkörper besitzen. Also können diese Körper die Funktion eines Verschlusses der Pori, die die typische Entwicklung der Heterocysten im Gefolge hätte, nicht ausüben. Dazu kommt, daß sie meistens, wenn sie überhaupt auftreten, nicht die von Kohl beschriebene Gestalt zeigen. Nur selten besitzen sie einen kegelförmigen Auswuchs, der in den Porus hineinreicht. Meistens sind sie auch nicht von dickflüssiger Konsistenz, wie Kohl angibt, sondern liegen in Form krystalloider Körnchen vor dem Porus (siehe Fig. 2, obere Heterocyste). In der Mehrzahl der Fälle liegen sie innerhalb der den Protoplasten umschließenden

---

[1] Dieses Mittel verwendete Gomont (10) zum Nachweis der Membranen der vegetativen Zellen.

[2] Das hat auch Hegler konstatiert (11, p. 305).

Membran (Fig. 9, untere Heterocyste) seltener zwischen dieser und der Zelluloseschichte.

Um die polaren Körnchen, sowie die Heterocysten überhaupt näher zu präzisieren, muß auf die Cytologie eingegangen werden. Dies ist nicht leicht bei der großen Zahl der auf diesem Gebiet herrschenden Meinungen. Ich habe mich im großen und ganzen auf die wertvolle Arbeit Baumgärtels (1) gestützt, die ich nachprüfte und deren Ergebnisse[1] mir den Tatsachen zu entsprechen scheinen. Ich muß sie als bekannt voraussetzen und will hier nur bemerken, daß Baumgärtel folgende Teile des Schizophyceenprotoplastes unterscheidet.

Zu äußerst findet sich eine gefärbte Schicht, das Chromatoplasma, die das ungefärbte Zentroplasma umgibt. Letzterem sind eingelagert die Plasten: die Endoplasten, die die Hauptmasse des »Zentralkörpers« ausmachen und von flüssiger bis steifgeliger Beschaffenheit sein können; ihnen angelagert sind die Epiplasten, durch ihre leichte Tingierbarkeit mit Methylenblau ausgezeichnet (ihnen entsprechen die Zentralkörner Kohls); endlich die Ectoplasten, die dem ganzen Aggregat von Endo- und Epiplasten außen aufsitzen und daher peripher zu liegen kommen (sie sind mit den Cyanophycinkörnern der meisten älteren Autoren identisch).

Die stark lichtbrechenden Körnchen, die man in Dauerzellen regelmäßig antrifft (Fig. 1) und mit denen unter extremen Verhältnissen auch vegetative Zellen[2] angestopft erscheinen können (Fig. 26), sind keine Cyanophycinkörnchen, sondern steifgelige Endoplasten.

Fig. 1 und 7 zeigt die mehr flüssigen Endoplasten mit angelagerten Epiplasten. Fig. 3, 4, 10, 28 gibt ein Bild[3] des lebenden Materials.

Fig. 2 veranschaulicht die Veränderungen, die der Protoplast der vegetativen Zellen während seiner Umbildung in die Heterocysten erleidet. Die Endoplasten rücken auseinander und die Farbe geht von blaugrün über gelbgrün in gelb über. — Nicht immer sind die Endoplasten in den Heterocysten so deutlich geschieden und leicht sichtbar. Meist werden sie größer, flüssiger und schwächer lichtbrechend (Fig. 1). Oft geht das so weit, daß das Innere homogen erscheint (siehe z. B. Fig. 6, 11). Daß dies nicht wirklich der Fall ist, läßt sich durch Färbung mit Methylenblau zeigen: die Epiplasten treten deutlich hervor (Fig. 7).

---

[1] Soweit sie nicht theoretischer Natur sind, wie die Deutung des zentralen Plasmas als offenen Zellkern, wovon aber in dieser Arbeit abgesehen werden kann.

[2] Hieronymus (12, p. 489) hat diese Erscheinung als »Cyanophycinnose« beschrieben.

[3] Die Abbildungen sind keine idealen Schnitte, sondern geben das Objekt unschematisiert so wieder wie es im Mikroskop bei Einstellung auf die Mitte erscheint.

Diese Bilder stimmen im wesentlichen mit denen **Baumgärtels** überein (1, Taf. 3, Fig. 39, 56). Er ist der erste, der den Zellinhalt der Heterocysten cytologisch richtig gedeutet hat. Der Inhalt ist nicht degeneriert, die einzelnen Bestandteile der normalen vegetativen Zellen sind auch noch in den vollentwickelten Heterocysten enthalten. Das Pigment des Chromatoplasmas verschwindet zwar, was aber als keine Degenerationserscheinung der ganzen Zelle aufgefaßt werden kann, da dasselbe auch bei den Dauerzellen erfolgt. Diese Ansicht wird durch das folgende Kapitel bestätigt, welches zeigen wird, daß der gelbe Inhalt zu ergrünen vermag und keimungsfähig ist.

Die spätere Degeneration, wie sie in den Heterocysten nach einiger Zeit normalerweise eintritt, gibt sich dadurch kund, daß die Endoplasten zusammenfließen und Vakuolen[1] entstehen.[2] Die Epiplasten sind nicht mehr nachweisbar und mit Methylenblau tritt eine gleichmäßige Färbung zuerst des Zentroplasmas und dann des gesamten Protoplasten überhaupt ein.

Die polaren Körnchen in den Heterocysten sind nach Baumgärtel bald Epiplasten, bald Ectoplasten. Was ihre Physiologie anlangt, so teile ich die Ansicht Baumgärtels (1, p. 140): »Daß solche Bildungen an den Querwänden der Grenzzellen auftreten, läßt sich erklären, wenn man bedenkt, daß die Endoplastensubstanz in Form einer großen zentralen Vakuole das Innere der Heterocysten erfüllt, deren Chromatoplasma sein Pigment verloren hat. Es wird dann auch die Bildung von Kohlehydraten in den Grenzzellen abnehmen und durch die stark verdickten Wände auch eine Ernährung nach Art der Saprophyten erschwert sein; die Zufuhr von Assimilaten kann nur aus den Nachbarzellen durch die erwähnten Poren der Querwände erfolgen. Und wo die zuströmenden Assimilate mit der liquiden Endoplastensubstanz zusammentreffen, also an der inneren Mündung der Heterocystenquerwandporen, bis zu welcher die Vergrößerung der zentralen Vakuole bald reicht, entstehen jene Bildungen als Verschlußkörper, welche in den normalen vegetativen Blaualgenzellen die Oberfläche der Endoplasten besetzen.«

Es ist noch zu bemerken, daß unter Umständen auch in den vegetativen Zellen polare Körnchen an fast allen Formen zu beobachten sind. Bei Formen mit breiten Zellen liegen sie zu vielen an den Querwänden, bei solchen mit schmalen auch oft in der Einzahl (z. B. charakteristisch für *Lyngbya bipunctata*. Vgl. Lemmermann 15, p. 102, Fig. 12, von mir häufig an *Nostoc ellipsosporum* beobachtet). Es sind dies also keine den Heterocysten eigentümlichen Bildungen. Daher wird man ihnen auch keine besondere Bedeutung gerade für die Heterocysten zuschreiben.

---

[1] Baumgärtel hält das Zusammenfließen der Endoplasten und die Vakuolenbildung nicht auseinander, was mir nicht richtig zu sein scheint.

[2] Meist tritt nicht eine zentrale, wie angegeben wird, sondern eine seitliche Vakuole auf (siehe Fig. 25), in der oft kleine Körperchen in lebhafter Brownscher Molekularbewegung begriffen sind.

Keimungen von Heterocysten.

Aus den bisher mitgeteilten morphologischen und cytologischen Befunden geht einerseits hervor, daß die Ansicht, die in den Heterocysten nur degenerierende Zellen sieht, der Fülle der Erscheinungen nicht gerecht wird, andererseits, daß die Heterocysten auch keine Reservestoffbehälter, Fortpflanzungsorgane oder der Befruchtung der Dauerzellen dienende Organe sind. Man kommt zu dem Schluß, daß sie überhaupt keine ihrem Bau adäquate Funktion besitzen, daß es sich um typische funktionslose Organe handelt, die zwar in manchen Fällen Funktionen ausüben, wie Fadenunterbrechung, die aber in keiner engeren Beziehung zu ihrem Bau stehen, als z. B. die Unterbrechung, die bei der Dauerzellenbildung auftritt zum Bau der Dauerzellen. Wie verfehlt wäre es, die Funktion der Dauerzellen in ihrem Herausfallen aus dem Faden zu erblicken. Man stelle sich vor, daß die Dauerzellen im Laufe der Entwicklung ihr Keimungsvermögen eingebüßt hätten und man hat einen den Heterocysten analogen Fall.

Wenn diese Auffassung der Heterocysten als funktionslose Organe, die ehemals besondere und wichtige Funktionen besessen haben, die sich in ihrem Bau noch jetzt ausdrücken — sofern keine sehr weitgehende Reduktion erfolgte — richtig ist, so kann sie durch Rückschlagserscheinungen in die alte Funktion bewiesen werden.[1] Gelingt dies, so erfährt man gleichzeitig auch, welches die ehemalige Funktion war. Eine solche primäre oder relativ primäre (denn sie kann selbst wieder die Folge eines Reduktionsvorganges sein) Funktion wird daran kenntlich sein, daß sie eine befriedigende Erklärung des Baues der Heterocysten ermöglicht. Denn zwischen den Funktionen eines Organs und seinem Bau herrschen die engsten Beziehungen. Letzterer ist nur der sichtbare Ausdruck ersterer.

Ich hatte in vereinzelten Fällen (an *Nostoc punctiforme, N. Linckia, N. carneum, N. microscopicum, Tolypothrix limbata*) fertig ausgebildete Heterocysten beobachtet, die einen lebhaft blaugrünen, wenn auch ± geschrumpften, zweigeteilten Inhalt zeigten. Später gelang es mir, die noch lebensfrischen Stadien aufzufinden. Die Heterocysten haben einen Inhalt vom Aussehen des in keimenden Dauerzellen vor dem Aufspringen der Membran vorhandenen. Er besitzt ein deutlich sichtbares Chromatoplasma, ist somit lebhaft blaugrün gefärbt, und zwar dunkler als die vegetativen Zellen, und führt große, stark lichtbrechende Körnchen (Ectoplasten)[1] (Fig. 8). Manchmal ist eine Teilung eingetreten, wobei die Zahl der Körnchen und die Intensität der Färbung (die aber noch immer größer als die der vegetativen Zellen ist) abgenommen hat (Fig. 9). Diese Fälle traten in Agarkulturen auf. Fig. 27 zeigt ein Stück einer Serie von drei Heterocysten. Die interkalare besitzt einen zweigeteilten Inhalt vom Aussehen eines Keimlings, die anstoßenden terminalen sind noch in Bildung begriffen. Die beiden Membranschichten der Heterocysten mit zweigeteiltem Inhalt sind durch Druck auf das Deckglas sichtbar gemacht. In einem alten Kulturglas gelang es, bei genauer Durchmusterung des Materials, d. h. wenn man beispielsweise einen Nachmittag lang kleine Partien des Materials untersuchte, eine Anzahl (etwa fünf bis zehn) solcher Heterocysten zu finden. Die cytologische Untersuchung zeigte, daß sich der Inhalt in nichts von dem der vegetativen Zellen unterschied (siehe Fig. 26).

---

[1] Im Falle einer starken Reduktion, die einen Rückschlag nicht mehr zuließe, würde es bei der bloßen, zwar sehr wahrscheinlichen, aber nicht beweisbaren Annahme bleiben.

Der Gedanke liegt nahe, diese Erscheinungen als Keimungsvorgänge aufzufassen. Zu erweisen war nur, daß es sich nicht vielleicht um Heterocysten handelt, deren Inhalt gar nicht »degeneriert« war, d. h. seine grüne Färbung nicht verloren und die damit zusammenhängenden Veränderungen nicht erlitten habe, wodurch dieser Erscheinung keine weitere Bedeutung zukäme. Daß es sich wirklich um Ansätze zu einer Keimung handelt, geht aus dem folgenden Fall hervor, der den Schlüssel zur ganzen Heterocysten-Frage liefert.

Mitte Jänner sammelte ich frisches Material von *Nostoc commune*. Ein Teil wurde auf feuchtem Sand unter einer Glasglocke weiter kultiviert, ein anderer in Nährlösung gebracht, und zwar so, daß die in Stücke zerrissenen Thalli untergetaucht lagen, ein dritter auf Agar geimpft und ein vierter auf Gypsstücke, die in Nährlösung lagen, übertragen.

Das Ausgangsmaterial zeigte das normale Aussehen von *Nostoc commune*. Olivengrün gefärbte Zellfäden wurden von schwach gelblichen Heterocysten unterbrochen. Vereinzelt waren Serien von drei Heterocysten anzutreffen. Die Membran der Heterocysten war stark lichtbrechend und verriet dadurch die Anwesenheit der Zelluloseschichte, die auch mittels Chlorzinkjod nachgewiesen werden konnte. Die äußere Schichte war durch ihre größere Mächtigkeit an den Polen sichtbar und trat bei Behandlung mit Plasmolytica deutlich hervor. Der Inhalt war fast homogen und blaßgelb gefärbt. In Fig. 18, links, ist eine solche Heterocyste abgebildet. Außerdem kamen noch Heterocysten vor, die sich durch die mächtige Ausbildung der äußeren Membranschicht von den erwähnten unterschieden (siehe Fig. 11). Sie sind bei *Nostoc commune* keine seltene Erscheinung. Besonders häufig treten sie in alten Agarkulturen auf, wo die Pektinschichte oft abnorm große Dimensionen annimmt. Polare Körnchen waren nur in wenigen Exemplaren sichtbar.

---

[1] Sie quellen allerdings in KOH nicht immer und färben sich auch mit Saurefuchsin nur schwer. Daher ist es nicht ganz sicher, ob es sich um typische Ectoplasten handelt. Von den steifgeligen Endoplasten unterscheiden sie sich durch ihre leichte Löslichkeit in verdünnter HCl und H_2SO_4. Sie liegen nicht immer peripher (das gibt auch Fischer, 9, p. 113, für die Cyanophycinkörner an). Ich habe sie im folgenden einfach als »stark lichtbrechende Körnchen« bezeichnet.

Nach drei Wochen traten in den untergetaucht in Nährlösung liegenden Thalli die in Fig. 12 bis 24 dargestellten Erscheinungen auf. Neben Heterocysten vom normalen Aussehen waren in großer Zahl (in manchen Thallusstücken bis 25%) keimende Heterocysten anzutreffen. Manche besaßen einen intensiv dunkelgrünen, mit stark lichtbrechenden Körnchen angefüllten Inhalt (Fig. 17). Bei anderen war der Inhalt zweigeteilt (Fig. 13, 14, 16, 18, 22, 23). Einige waren aufgesprungen, wobei der Inhalt zutage trat (Fig. 12, 19, 20, 21, 24). Aus manchen waren längere Zellfäden herausgewachsen (Fig. 15), die, je mehr Zellen sie besaßen, desto heller, aber noch immer lebhafter als die vegetativen Fäden des Ausgangsmaterials, gefärbt waren und desto weniger Körnchen führten.

Die Membran der keimenden Heterocysten war auffallend schwach lichtbrechend, so daß die Zelluloseschichte zu fehlen schien. Es waren auch in der Tat weder an den geschlossenen noch an den aufgesprungenen keimenden Heterocysten zwei Schichten sichtbar. Mit Chlorzinkjod und den anderen Jod-Zellulosereaktionen war nie eine Violett-, beziehungsweise Blaufärbung zu erzielen, die an den ungekeimten Heterocysten derselben Präparate immer eintrat. Die beiden Extreme waren durch Zwischenstufen verbunden, bei welchen der Inhalt schwach grün und wenig körnig erschien und die Zelluloseschichte sehr dünn war und sich nur schwach färbte. Nie war an einer Heterocyste, die soweit entwickelt war wie die in Fig. 17 dargestellte, oder in der gar eine Zweiteilung stattgefunden hatte, die Zelluloseschichte mehr nachweisbar.

Die Membran der keimenden Heterocysten schwankte in ihrer Dicke und in ihrem Lichtbrechungsvermögen je nachdem es sich um eine Heterocyste der in Fig. 11 oder in Fig. 18, links, dargestellten Art handelte. Oft war sie so dünn, daß sie bei ungeteiltem Inhalt kaum sichtbar war. War der Inhalt zwei- oder mehrgeteilt, so war sie an den Einbuchtungen der Keimlingszellen erkennbar (Fig. 18. In diesem Fall ist sie überdies durch ihre Mächtigkeit an dem einen Pol sichtbar). Die Dünne der Membran ist leicht erklärlich, wenn man sich die in Fig. 18, links, eingezeichnete Zelluloseschichte weg denkt. Fig. 12, 16 und 19 zeigen Keimlinge, die aus Heterocysten mit dicker äußerer Membranschicht entstanden sind.

Die ganze Erscheinung war sehr auffallend, zumal die meisten keimenden Heterocysten noch im Fadenverband standen und der Unterschied in der Färbung des Keimlings und den alten vegetativen Zellen sehr groß war, Fig. 13 zeigt diese Verhältnisse.

Es handelt sich in diesen Fällen nicht um nachträgliche Weiterentwicklung noch unfertiger Heterocysten, die noch keine Zelluloseschicht ausgebildet haben, da bei solchen die äußere Membranschicht nie so dick ist, wie die der Fig. 12, 16, 19, 22. Außerdem waren im Ausgangsmaterial nur verschwindend wenige unausgebildete Heterocysten (wie es an Wintermaterial Regel ist), die in gar keinem Verhältnis zur Zahl der Keimungen standen. Um den exakten Nachweis zu erbringen, daß es sich wirklich um eine Keimung fertig ausgebildeter Heterocysten, bei der die Zelluloseschicht verschwindet, handelte, zerlegte ich frisch gesammelte Thalli in so kleine Stückchen, daß sie unter dem Mikroskop vollkommen durchmustert werden konnten. Dabei wurden solche, die noch unentwickelte Heterocysten besaßen, ausgeschlossen. Die anderen kamen in Nährlösung. Nach zirka drei Wochen zeigten sich dieselben oben beschriebenen Stadien.

Aus den Fig. 11 bis 24 gehen die näheren Details der Keimung hervor. Sie erfolgt sowohl an interkalaren wie an terminalen Heterocysten. In der Regel tritt die erste Teilung vor dem Öffnen der Membran ein. Im gegenteiligen Fall ist die austretende Zelle abnorm groß (Fig. 12). Der Vergleich der Fig. 11 und Fig. 12 zeigt deutlich die bei der Keimung auftretende Veränderung in der Farbe und Beschaffenheit des Inhaltes und den Schwund der Zelluloseschicht. Der Keimling tritt entweder seitlich hervor (Fig. 12, 20, 21, 24), was durch eine auf die Längsachse der Heterocysten ± schiefgestellte Teilungsebene vorbereitet ist (Fig. 22), oder polar (Fig. 13, 14), letzteres meist bei terminalen oder hufeisenförmigen Heterocysten. In diesem Falle schnürt die dem Porus anliegende Zelle — ähnlich wie bei der Sprossung — eine kleinere Zelle ab, die sich durch den Porus zwängt und ihn durch ihr Wachstum dilatiert.

Cytologisch unterscheiden sich die Keimlinge in nichts von den gewöhnlichen vegetativen Zellen von *Nostoc commune*. Wie es mir bei *Nostoc commune* überhaupt schwer gelungen ist, schöne Endo- und Epiplastenbilder zu bekommen, da leicht Überfärbung eintritt, so war es auch der Fall bei den Keimlingen. Mit saurem Methylenblau erhielt ich meist den Zentralkörper, wie er in Heglers (11) Photogrammen dargestellt ist (siehe Fig. 19, 23, 24). In manchen Fäden sieht man große Epiplasten (die Zentralkörner Kohls), die sich im lebenden Zustand als stark lichtbrechende Kugeln vom übrigen Zellinhalt abheben (Fig. 15). Sie färben sich stark mit Methylenblau (siehe die ein anderes Objekt darstellende Fig. 26, oben). In noch ungeteilten oder zweigeteilten Keimlingen sieht man mitunter polare Körnchen (Fig. 16, 17). Sie sind keine Verschlußkörper im Sinne Kohls, sondern mit den im übrigen Zellinhalt verteilten, stark lichtbrechenden Körnchen identisch.

Fig. 24 zeigt eine keimende Heterocyste im Fadenverlauf: der Keimling ist lebensfrisch, die Zellen des Fadens abgestorben, wie aus ihrer gleichmäßigen Blaufärbung ersichtlich ist.

Der Schwund der Zellulosemembranschicht, dieses für die Heterocysten so charakteristischen und rätselhaften Gebildes, ist sehr bemerkenswert. Die Annahme ist berechtigt, daß sie als Reservezellulose dient, die bei der Keimung verwendet wird. Das zeitliche Zusammenfallen des Verschwindens mit der Keimung kann kein zufälliges sein, da es im Falle einer vollständigen Keimung bei allen Heterocysten eintritt und die Zelluloseschichte, wie erwähnt, ansonsten sehr widerstandsfähig ist und in abgestorbenen Heterocysten noch lange erhalten bleibt. Auch zeigten sie die ungekeimten Heterocysten in denselben Präparaten immer.

Die Keimung trat nur bei den untergetaucht in Nährlösung liegenden Thalli ein. Kulturen auf relativ trockenen Substraten zeigten keine Keimungsstadien. Am günstigsten wirkte Zimmertemperatur. Auf einem ungeheizten Gang traten bedeutend weniger Keimungen auf; Warmhaustemperaturen wirkten ebenfalls hemmend.

Diese Beschreibung der Keimung der Heterocysten von *Nostoc commune* weicht von der Brands (6) beträchtlich ab. Die von ihm beobachteten Keimlinge zeigten eine hellere Färbung als die vegetativen Zellfäden, besaßen einen fast homogenen Inhalt und kleinere Dimensionen. Das erklärt sich daraus, daß Brand eine Keimung gar nicht beobachtet hatte, sondern verschiedene, am Freilandmaterial beobachtete Stadien in eine konstruierte Aufeinanderfolge brachte. Er beobachtete 1. aufgesprungene Heterocysten, die einen »fast homogen aussehenden, zwar wenig gefärbten, aber durchaus nicht wässerigen, sondern elastisch konsistenten, kugelförmigen Inhalt« austreten ließen (seine Fig. 2[1]). Dies kann man durch Druck auf das Deckglas, speziell bei *Nostoc commune* sehr leicht, an gewöhnlichen Heterocysten jederzeit erzielen.[2] 2. sah er »in vereinzelten Fällen« Heterocysten mit zweigeteiltem Inhalt, deren Membran in zwei oder mehr Stücke zersprungen war (Fig. 3). Dies ist eine Kombination der unter 1 angeführten Erscheinung mit den von mir am Eingang dieses Kapitels mitgeteilten Fällen von Heterocysten mit zweigeteiltem Inhalt, die zwar Ansätze zu einer Keimung darstellen und als solche wertvoll sind, aber als Keimung selbst nicht angesehen werden können. 3. beobachtete er kleinere und schwächer gefärbte Fäden (Fig. 1), die er als vorgeschrittene Keimlinge ansah, wozu kein Grund vorhanden ist; es handelt sich einfach um degenerierende vegetative Zellfäden.

---

[1] Zu Brands Abbildungen ist zu bemerken, daß sie schematisiert sind, daher der Wirklichkeit nicht entsprechen. Seine Heterocysten besitzen polare Membranauswüchse, die nicht existieren (sie stellen wohl die polaren Körnchen vor). In diesem Punkt ist Kohls Polemik (14, p. 199) richtig. Auf die Strukturen der Membran ist er überhaupt nicht eingegangen.

[2] Diese Erscheinung tritt auch manchmal spontan ein, ohne daß dabei an eine Keimung zu denken wäre. Bornet und Flahault (3, 7, p. 211) machten diese Beobachtung an *Nostoc microscopicum*

Brand hat selbst den Beweis geliefert, daß es sich bei diesen drei Beobachtungen um Degenerationserscheinungen handelt (also daß sie einer Keimung gerade entgegengesetzt sind): Die Heterocysten und »ihre Derivate« färbten sich mit Methylenblau schon nach kurzer Zeit gleichmäßig blau, während in den vegetativen Zellen der Zentralkörper sichtbar wurde. Er verficht also eine gute Sache mit schlechten Gründen, weshalb wohl auch die Arbeit ohne wesentlichen Einfluß auf das Verständnis der Heterocysten blieb. Er betrachtete selbst seine Beobachtungen als Ausnahmeerscheinung, die seiner Meinung nach nur dafür spricht, daß der Inhalt der Heterocysten nicht tot sei und hielt im übrigen die Heterocysten für Reservestoffbehälter (7, p. 44). Seine diesbezüglichen an Freilandmaterial gewonnenen Beobachtungen, daß die Heterocysten nach Regen ihren Inhalt an die benachbarten vegetativen Zellen abgeben, die dann ein lebensfrischeres Aussehen als die entfernteren besitzen, sind unbewiesene Annahmen. Ich habe sie nie bestätigt gefunden.

Es schien natürlich wünschenswert, Keimungsvorgänge auch an anderen Formen festzustellen. Im folgenden seien die noch nicht erwähnten Fälle, in denen eine Keimung oder Ansätze dazu zu beobachten waren, mitgeteilt.

Ende Jänner wurden frisch gesammelte Kolonien von *Nostoc ellipsosporum* auf dieselbe Weise wie *Nostoc commune* behandelt, d. h. zerzupfte Thallusstücke in Nährlösung gebracht und bei Zimmertemperatur aufgestellt. Nach zirka einem Monat konnten Heterocysten mit dunkelgrünem, häufig zweigeteiltem Inhalt beobachtet werden. In der Mehrzahl der Fälle war die Zelluloseschicht nicht mehr vorhanden (Fig. 10). Fig. 28 zeigt eine Heterocyste mit erhaltener Zellulosemembran, deren Keimling keinen so lebensfrischen Eindruck wie in den Fällen mit rückgebildeter macht. Austreten der Keimlinge konnte nicht beobachtet werden, was wohl an der Spärlichkeit der im Material enthaltenen keimenden Heterocysten überhaupt gelegen ist.

An *Nostoc Linckia* (aus dem schon erwähnten Kulturglas) beobachtete ich ebenfalls keimende Heterocysten, die keine Zelluloseschicht besaßen (Fig. 25, mittlere Heterocyste). Fig. 27 stellt eine Heterocyste mit zweigeteiltem Inhalt mit einer solchen dar; die vegetativen Zellen leiden an »Cyanophycinnose«.[1] Wie in allen Fällen, in denen die Zelluloseschicht nicht aufgebraucht wird, ist der Keimling nicht weiter entwicklungsfähig. Das verrät sich schon dadurch, daß er nicht die ganze Heterocyste ausfüllt. Er ist zwar noch lebend, liegt aber in einer gleichmäßig durch Methylenblau färbbaren, im lebenden Zustand farblosen Substanz. Früher oder später schrumpft er und stirbt ab.

---

[1] An der Glaswand über dem Wasserspiegel waren eine Reihe solcher an »Cyanophycinnose« leidenden Kolonien angeklebt. Sie fielen durch ihre rotbraune Färbung auf.

Von *Nostoc microscopicum* besaß ich ein Präparat, welches im August angefertigt worden war. Damals entgingen mir die in ihm enthaltenen Stadien keimender Heterocysten. Nachdem ich auf die ganze Frage aufmerksam geworden war, bemerkte ich eine Reihe von Keimungen, aus denen die in Fig. 29 und 30 dargestellten herausgegriffen sind. Zwei junge, kugelige Kolonien waren lebend in Glyzeringelatine eingelegt worden. Die vegetativen Zellen waren fast gar nicht geschrumpft[1] und zeigten nahezu die natürliche Färbung. In dem Präparat befanden sich außer normalen, ungekeimten Heterocysten solche mit zweigeteiltem Inhalt und offene terminale (hufeisenförmige), aus denen Keimlinge austraten. Am häufigsten war eine der in Fig. 25 von *Nostoc Linckia* dargestellten Anordnung analoge. Fig. 29 zeigt den Unterschied in der Farbe zwischen dem zweizelligen Keimling, der gerade aus der Heterocyste austritt, und den vegetativen Zellen, Nach oben zu schließt sich im Präparat noch eine intercalare Heterocyste an und darüber hinaus die Ergänzung der Serie.

Zwischen den Heterocysten befinden sich gelb bis braun gefärbte, degenerierte vegetative Zellen (wie in Fig. 25). Fig. 30 stellt ebenfalls ein Stück einer Serie dar: zu oberst eine leere interkalare, darunter eine terminale, aus der ein vierzelliger Keimling ausgetreten ist, daran anschließend eine degenerierte vegetative Zelle und — in der Figur nicht mehr sichtbar — eine junge terminale mit vegetativen Faden. In allen in dem Präparat enthaltenen Fällen ist der Unterschied zwischen den blaugrünen Keimlingen und den olivengrünen vegetativen Fäden sehr deutlich. Die gekeimten Heterocysten besitzen keine Zelluloseschicht, was aus ihrem geringen Lichtbrechungsvermögen ersichtlich ist (vgl. die interkalare und die gekeimte terminale Heterocyste in Fig. 30). Das Präparat, das an sich nicht beweisend wäre, ist eine brauchbare Ergänzung zu den Beobachtungen an *Nostoc commune.*

An *Anabaena Hallensis*, die von einer nahezu vertrockneten Agarkultur in Nährlösung gebracht wurde, waren die in Fig. 3 bis 5 dargestellten Erscheinungen zu beobachten. In einer Reihe von Fällen hatte sich der Inhalt, ohne zu ergrünen, in zwei, drei oder vier Teile geteilt (Fig. 3, 5). Die Zelluloseschichte war erhalten. In einigen war der Inhalt größer geworden und ergrünt, die Zelluloseschicht war rückgebildet. An den Polen, wo sie dicker ist, waren noch Reste erhalten (Fig. 4). Öffnung der Heterocysten konnte nicht beobachtet werden, da die Kultur einging, wie die eintretende Gelbfärbung der vegetativen Zellen zeigte. Es scheint somit Mangel an Nährstoffen eingetreten zu sein, was auch das Nichtergrünen der meisten Keimlinge erklärt. Dieser Fall zeigt besonders deutlich, daß der Inhalt deshalb, weil er gelb ist, noch nicht degeneriert zu sein braucht. Als Ausgangsmaterial wurde nur solches mit vollentwickelten Heterocysten verwendet, so daß es sicher ist, daß es sich um Rückbildung der Zelluloseschicht handelt, da die Keimung schon nach 14 Tagen erfolgte, in welcher Zeit die Bildung neuer Heterocysten nicht soweit vorgeschritten sein kann. Auch spricht die Fig. 4 unmittelbar gegen eine solche Annahme, da die Ausbildung der Zelluloseschicht an den Polen nicht soweit gediehen sein kann, ohne daß auch am Äquator eine ähnliche Ausbildung erfolgte.[1]

---

[1] Da bei den Schizophyceen Plasmolyse wegen des Fehlens größerer Zellsaftvakuolen nur schwer zu erzielen ist, kann man leicht ungeschrumpfte Präparate in Glyzeringelatine herstellen, wenn man dafür sorgt, daß die Gelatine nicht zu schnell erstarrt, so daß die Zellen Zeit finden, sich mit ihr zu sättigen.

Diskussion der Resultate.

Keimungsvorgänge an Heterocysten im weiteren Sinn (Ergrünung oder Teilung des Inhalts) wurden beobachtet an:

Nostoc punctiforme,
» *Linckia,*
» *carneum,*
» *ellipsosporum,*
» *commune,*
» *microscopicum;*
Anabaena Hallensis;
Tolypothrix lanata,
» *limbata.*

Rückbildung der Zelluloseschicht an:

Nostoc ellipsosporum,
» *commune,*
» *microscopicum.*

Austreten des Keimlings an:

Nostoc commune,
» *microscopicum.*

---

[1] Ich versuchte außerdem folgende Mittel, um die Heterocysten zum Keimen anzuregen: Ätherisierung (24 und 48 Stunden in 0·1% Ätherwasser); Warmbad; vorübergehende Plasmolyse (Eintauchen in konzentriertes und auf $^1/_2$ verdünntes Glyzerin); Giftwirkungen (1 bis 8tägiges Verweilen in Lösungen verschiedener Konzentration von $NaCl$, $FeSO_4$, Urannitrat, Zitronensäure); vorübergehende Einwirkung von stark konzentrierten alkalischen, neutralen und sauren Nährlösungen. Nach den Versuchen wurde das Material in frische Nährlösung (normaler Konzentration) gebracht. Es erfolgte normales vegetatives Wachstum (im Falle der Ätherisierung sehr üppiges). Keimungserscheinungen der Heterocysten konnten nicht beobachtet werden.

Diese Erscheinungen sind zu selten, als daß sie als Funktionen der Heterocysten schlechthin gelten könnten, aber zu häufig, als daß sie als bloß zufällige, ausnahmsweise, den Heterocysten nicht wesentliche Vorgänge aufgefaßt werden könnten. Die Heterocysten sind demnach als funktionslos gewordene Fortpflanzungsorgane anzusehen.

Die Teilungsvorgänge im Innern der Heterocysten, bei denen ein Verbrauch der Zelluloseschichte nicht stattfindet, stellen Ansätze zu einer Keimung ohne fernere Entwicklungsmöglichkeit dar, abnorme Erscheinungen an Formen, die das Vermögen, in die ursprüngliche Funktion zurückzufallen, in weitgehendem Maß verloren haben. Sie sind aber wertvoll als Hinweis auf die Natur der Heterocysten als Fortpflanzungsorgane überhaupt.

Der Bau der Heterocysten ist somit aus ihrer Funktion erklärt. Das Vorhandensein einer Zelluloseschichte, die zugleich einen Schutz des Protoplasten und Reservematerial darstellt, die eigene, den Protoplasten umgebende Membran, sowie die Anordnung in Serien wird sinnvoll.

Es ist noch unklar, welcher Kategorie von Fortpflanzungsorganen die Heterocysten angehörten. Sie scheinen den Dauerzellen analoge Bildungen zu sein.[1] Möglicherweise ist auch das schon die Folge eines Funktionswechsels: es könnten die Heterocysten noch früher Gonidangien gewesen sein, die Akineten erzeugt hätten, wofür man die Beobachtung Spratts (20) anführen könnte. Diese könnten wieder reduzierte Zoosporangien darstellen, wie es Lotsy (16, p. 379) will. Doch ist das eine Annahme, die der realen Unterlage noch entbehrt.

Einiges ist noch über die kleine Zahl der beobachteten Keimungen in Anbetracht des großen untersuchten Materials zu sagen. Die größte Zahl von Keimungen konnte ich an der Gattung *Nostoc* feststellen, also derjenigen Gattung, von der mir die meisten Arten zur Verfügung standen. Bei Untersuchung mehrerer Arten der anderen Gattungen, besonders der selteneren, ließe sich die Zahl der Keimungen wahrscheinlich um ein beträchtliches vermehren. Doch ist sicherlich nicht bei allen Formen das Rückschlagsvermögen in gleichem Maß entwickelt.

Wenn ich gerade an einer so häufigen und vielfach untersuchten Pflanze wie *Nostoc commune* die wichtigste und in die Augen springendste Beobachtung machte, so hängt dies von dem zweiten Faktor ab, der einer Beobachtung von Keimungen hinderlich ist, nämlich von der Unkenntnis der Bedingungen, unter denen sie erfolgen. Soviel ist klar, daß möglichst günstige Bedingungen, unter denen an erster Stelle Feuchtigkeit in Betracht kommt, herrschen müssen. Das Vorangehen von ungünstigen (d. h. das

[1] Derselben Ansicht ist Lemmermann (15, p. 15) und West (22, p. 313).

Wachstum ohne dauernde Schädigung sistierenden) Umständen (Kälte, Trockenheit) scheint wichtig zu sein.[1] In den meisten Fällen keimen die Heterocysten auch dann nicht, wenn diese Bedingungen, wenigstens anscheinend, verwirklicht sind. Vielleicht übt auch die Jahreszeit einen gewissen Einfluß aus: bis auf den Fall von *Nostoc microscopicum* beobachtete ich alle Keimungen mit Verbrauch der Zellulosemembran nach der Winterruhe.

Zusammenfassung.

Die Heterocysten sind Fortpflanzungsorgane, die ihre Funktion im Laufe der Entwicklung verloren haben. Unter Umständen vermögen sie in die verlorengegangene Funktion zurückzufallen. In diesen Fällen tritt eine Keimung ein, bei der der gelbe Inhalt ergrünt, die als Schutz und Reservestoff dienende Zelluloseschicht aufgebraucht wird, der Keimling aus der Heterocyste austritt und zu einem normalen vegetativen Zellfaden heranwächst.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, auch an dieser Stelle Herrn Hofrat Wettstein für das Interesse, welches er dieser Arbeit entgegengebracht hat, ergebenst zu danken, ebenso Herrn Doz. Dr. F. Knoll für viele nützliche Winke und Ratschläge meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

---

[1] Auch Spratt (20, p 376) beobachtete die Gonidienbildung dann, wenn der Austrocknung uberlassene Kolonien in frische Nahrlosung gebracht wurden.

Erläuterung der Tafel.

Vergrößerung aller Figuren 2500 : 1.

Fig. 1. *Anabaena oscillarioides.* Heterocysten und in Entwicklung begriffene Dauerzellen. Saures Methylenblau Baumgärtels ohne Fixage, mit 0·5% KOH differenziert.

Fig. 2. *Tolypothrix limbata.* Vegetative Zellen, Heterocysten in Bildung, vollentwickelte Heterocysten. Lebend.

Fig. 3 bis 5. *Anabaena Hallensis.* Heterocysten in verschiedenen Keimungsstadien. Lebend.

Fig. 6 bis 9. *Tolypothrix lanata.*

- Fig. 6. Heterocysten in scheinbarer Dreiteilung begriffen. Lebend.
- Fig. 7. Heterocysten in scheinbarer Zweiteilung begriffen. Behandlung wie Fig. 1.
- Fig. 8, 9. Ansätze zu einer Keimung der Heterocyste. Lebend.

Fig. 10. *Nostoc ellipsosporum.* Tote und keimende Heterocysten. Lebend.

Fig. 11 bis 24. *Nostoc commune.* Keimungsstadien der Heterocysten.

Fig. 19, 23, 24 wie Fig. 1 behandelt, alle übrigen lebend.

Fig. 25 bis 27. *Nostoc Linckia.*

- Fig. 25. Serie von drei Heterocysten, die mittlere in Keimung begriffen. Lebend.
- Fig. 26. An »Cyanophycinnose« leidender Faden mit terminaler Heterocyste mit Keimling. Wie Fig. 1 behandelt.
- Fig. 27. Stück einer Serie von drei Heterocysten, die mittlere mit gekeimtem Inhalt. Ihre Membranschichten durch Druck auf das Deckglas sichtbar gemacht. Lebend.

Fig. 28. *Nostoc ellipsosporum.* Ansatz zu einer Keimung der Heterocysten. Lebend

Fig. 29, 30. *Nostoc microscopicum.*

- Fig. 29. Stück einer Serie mit einer gekeimten Heterocyste.
- Fig. 30. Desgleichen, mit austretendem vierzelligen Keimling.

Beide nach einem ungefärbten Glyzeringelatine-Präparat.

Literaturübersicht.

1. **Baumgärtel, O.**: Das Problem der Cyanophyceenzelle (Archiv für Protistenkunde 1920).
2. **Beck v. Mannagetta**: Die Sporen von *Microchaete tenera* **Thuret** und ihre Keimung (Österr. bot. Zeitschr., 1898).
3. **Bornet-Flahault**: Révision des Noctocacées hétérocystées (Ann. d. scienc. nat., 7. sér. Bot. 3, 4, 5, 7).
4. **Bornet-Thuret**: Notes algologiques II (Paris 1880).
5. **Borzi, A.**: Note alla morfologia e biologia delle alghe ficocromacee (Nuovo giorn. bot. it. X).
6. **Brand, F.**: Bemerkungen über Grenzzellen und über spontan rote Inhaltskörper der Cyanophyceen (Ber. d. deutsch. bot. Ges., 1901).
7. — Morphologisch-biologische Betrachtungen uber Cyanophyceen (Beih. z. bot. Zentralbl., XV).
8. **Carter** Ann and magaz. nat. hist., II. Ser., Vol. XVIII.
9. **Fischer, A.**: Die Zelle der Cyanophyceen (Bot. Ztg., 1905).
10. **Gomont, M.**: Recherches sur les enveloppes cellulaires des Nostocacees filamenteuses (Bull. de la soc. bot. de France 1888).
11. **Hegler, R.**: Untersuchungen über die Organisation der Phycochromaceenzelle Jahrb. f. wiss. Bot., 1901).
12. **Hieronymus, G.**: Beiträge zur Morphologie und Biologie der Algen (**Cohns** Beitr. zur Biol. d. Pfl., Bd. V).
13. **Kirchner, O.**: *Schizophyceae* (**Engler-Prantel**, Nat. Pflanzenfam. I, 1*a*).
14. **Kohl, J.**: Über die Organisation und Physiologie der Cyanophyceenzelle und die mitotische Teilung ihres Kernes, Jena 1903.
15. **Lemmermann, E.**: *Schizophyceae* (Kryptogamenflora der Mark Brandenburg, 3, I, Leipzig 1910).
16. **Lotsy, J. P.**: Vorträge über botanische Stammesgeschichte I. Jena 1907.
17. **Molisch, H.**: Die Krystallisation und der Nachweis des Xanthophylls (Karotins) im Blatte (Ber. d. deutsch. bot. Ges., 1896).
18. **Palla, E.**: Beitrag zur Kenntnis des Baues des Cyanophyceenprotoplasts (Jahrb. f. wiss. Bot., 1893).
19. **Pringsheim, N.**: Über die Befruchtung und Keimung der Algen (Monatsber. d. kgl. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 1855).
20. **Spratt, E. R.**: Some observation off the life history of *Anabaena Cycadeae* (Ann. of Bot. 25, 1).
21. **Turchini, T.**: Rôle de l'hétérocyste des Noctocacées (Revue gén. d. Bot. XXX, Nr. 357, 1918).
22. **West, G. S.**: A treatise on the British freshwater Algae, Cambridge 1904.

Studien über das Anthochlor

(II. Mitteilung)

Von

Dr. Gustav Klein

Assistent am Pflanzenphysiolgischen Institut der Wiener Universität

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Wiener Universität
Nr. 161 der zweiten Folge

(Mit 1 Tafel)

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. Juli 1921)

In der ersten Mitteilung[1] wurde eine Gruppe wasserlöslicher gelber Blütenfarbstoffe, die sogenannten Anthochlore, studiert, ihre nahen Beziehungen zu den eigentlichen Flavonen einerseits, den Anthokyanen andrerseits gezeigt und ihre Natur als eine eigenartige Gruppe von Flavonderivaten wahrscheinlich gemacht. Nun sollen noch in Ergänzung einige hieher gehörige, bisher ihrer Stellung nach fragliche Blütenfarbstoffe und Anthochlore aus Blüten und Blättern behandelt werden. In einer folgenden Mitteilung werden die Resultate der im Gang befindlichen makrochemischen Untersuchungen einiger Vetreter mitgeteilt werden.

Untersuchung einiger bisher fraglicher Blütenstoffe.

Acaciablüten.

Schon Hildebrand[2] fand in den Zellen der gelben Blüten von *Acacia floribunda, Benthami, imbricata* und *dealbata* dunkelgelbe, flüssige Massen, die vom dünnen, farblosen Zellsaft räumlich getrennt erscheinen. Auch Prantl[3] gibt in der

---

[1] Klein G., Studien über das Anthochlor, I. Mitt., Sitzber. d. Akad. d. Wiss., Bd. 129, Jg. 1920, 7. u. 8. Heft.

[2] Hildebrand F., Anatomische Untersuchungen über die Farben der Blüten, Jahrb. f. wiss. Bot., 1863, Bd. 3, p. 64.

[3] Prantl K., Notiz über einen neuen Blütenfarbstoff. Bot. Ztg. 1871, Jg. 29, p. 425.

Korolle und in den Staubfäden von *Acacia falcata* in den Epidermiszellen farblose Vakuolen und davon getrennt gelbe Massen an, die sich beim Kochen mit Wasser oder bei Zusatz von Alkohol lösen und über die Zelle verteilen. Er betonte, daß in diesen gelben Vakuolen ebenso wie in den farblosen anderer Arten Gerbstoff enthalten sei.

Ich selbst untersuchte wiederholt die gelben Blüten von *Acacia retinoides* und *falcata*, die lichtgelben von *A. rostellifera* und die farblosen von *A. mollissima*. In der gelben Korolle von *A. retinoides* und *falcata* findet man fast in jeder Zelle (die Korollblätter haben nur eine bis wenige Zellschichten) einen gelben Ballen mit konvexen Flächen durch die Schmalseite der gestreckten Zellen und zu beiden Seiten farblosen Zellsaft oder den Ballen an einer Seitenfläche, den übrigen Zellinhalt farblos. Die ganz jungen Zellen sind von einem homogenen gelben Zellsaft erfüllt. Die gelbe Farbe stammt vom Anthochlor. Es zeigt die typischen Löslichkeitsverhältnisse, gibt mit Lauge orange- bis blutrote und mit konzentrierter Schwefelsäure orange- bis weinrote Farbe. In der farblosen Korolle von *A. rostellifera* findet man in den meisten Zellen des Basalteiles je eine große festweiche Kugel bis zu zwei Dritteln der Zelle mit farblosem, stark lichtbrechendem Inhalt, im Mittelstück verstreut in den Zellen eine bis zwei Kugeln, ein Drittel des Zellraumes einnehmend, an der Spitze in den meisten Zellen je einen kleinen Tropfen in einer Zellecke. In den Filamenten sieht man meist die Zelle mit gelbem Saft erfüllt, in der Mitte eine farblose bikonvexe Vakuole oder zwei abgerundete farblose Vakuolen in den Zellecken und dazwischen gelben Saft (Fig. 1). *A. mollissima* hat farblose Korolle und Filamente, nur die Antheren sind gelb. Hier ist die Verteilung der lichtbrechenden Vakuolen viel durchsichtiger. In Korolle und Filamenten ist die Substanz fast in jeder Zelle im farblosen, dünnflüssigen Zellsaft in Form von schönen Kugeln, im oberen Teil der Filamente sind die ganzen Zellen davon erfüllt. Das Fruchtknotengewebe enthält am meisten, sowohl in der Wand wie in den Samenanlagen.

Wir finden also zwei Substanzen, das Anthochlor und die farblose, lichtbrechende Masse, manchmal in der Zelle im selben Ballen, manchmal nur eine von beiden, je nach Organ und Art verschieden. Es war nun interessant zu untersuchen, ob diese Substanz nur auf das Blütengewebe beschränkt oder auch sonst in der Pflanze zu finden sei. Das Anthochlor ist nur in der Blüte. Dabei zeigte sich der farblose Stoff bei allen untersuchten Formen auch in den Blütenstielen, Blättern, Blattstielen und den jungen Stammpartien. Ältere Stammteile standen mir nicht zur Verfügung. Die Verteilung in diesen chlorophyllführenden Organen wird erst bei Behandlung mit den später zu besprechenden Reagentien deutlich sichtbar. Im Blütenstiel enthalten die Substanz viele Zellen des Markes und der primären Rinde. Im Stamm liegt sie innerhalb des Gefäßbündelringes markwärts in einer Zone verstreuter Zellen und in der primären Rinde gegen die Peripherie, spärlicher auch im Weichbast. Bei *mollissima* enthält die Epidermis zahlreiche große Köpfchenhaare, die in den Zellen häufig eine Kugel der Substanz führen.

Die typisch bilateral gebauten Blätter von *A. retinoides* und *rostellifera* zeigten in der beiderseitigen Assimilationsschicht Tropfen und Klumpen, überdies in dem ziemlich farblosen Blattinnern einzelne Idioblasten, manchmal in Reihen (Fig. 4). Bei *A. mollissima* ebenfalls in einzelnen Zellen des Grundgewebes, des Palisadenparenchyms und an den Blatträndern, speziell aber in den Zellen um das Gefäßbündel in Form einer Scheide und in den Epidermiszellen über dem Hauptgefäßbündel, mehr an der Unter- als an der Oberseite des ziemlich isolateral gebauten Blattes.

Die chemischen Eigenschaften dieser lichtbrechenden zähflüssigen Substanz ließen sich an gelben Blütenteilen nicht verfolgen, da das gleichzeitige Reagieren des Anthochlors in derselben Zelle stört, wohl aber gelang es leicht an der farblosen Korolle von *A. rostellifera* und besonders *mollissima*.

Konzentrierte Salzsäure färbt zitrongelb, läßt aber die Kugeln intakt, ja härtet sie, Salpetersäure löst orangerot. Konzentrierte Schwefelsäure färbt die ganze Zelle purpurviolett, nach einigen Stunden blutrot. $50^0/_0$ Lauge gibt purpurviolette bis tiefblaue Färbung, besonders am Grunde der Korolle und im Fruchtknoten.

Bei dem Reichtum der *Acacia*-Arten an Gerbstoffen, speziell Katechugerbstoffen, lag es nahe, in der Substanz Gerbstoffe oder Katechuglukotannoide zu vermuten und auf diese zu prüfen.

$5^0/_0$ wasserige Eisensulfatlösung färbt diffus himmel- bis schwarzblau, auf Zusatz von Lauge rotviolett. $5^0/_0$ ätherische Eisensulfatlösung (um die Kugeln ungelöst zu erhalten) färbt die Klumpen dunkelbraun. Osmiumsäure gibt den Kugeln in der Korolle erst lichtblaue, dann stahlblaue, schließlich schwarze oder lichtbraune - graubraune - schwarze Farbe (Fig. 2). Gelegentlich sieht man in einer blauen Kugel viele schwarze Körnchen, nach Stunden auch in den Filamenten grauschwarze Häufchen (Fig. 3). $5^0/_0$ Ammoniak schlägt dunkelgelbbraune Klumpen nieder. Natriumwolframat bildet gelbbraune Kugeln. Saures oder neutrales Bleiacetat erzeugt gelbliche Körnchen oder gelbbraune Klumpen. Silbernitrat bildet teilweise schwarze Kugeln.

Millon'sches Reagens schlägt gelbbraune bis braunschwarze Kugeln nieder. Vanillinsalzsäure färbt in einigen Stunden Korolle und Fruchtknoten karminrot. Paradimethylaminobenzaldehyd, das von Joachimowitz[1] benutzte, charakteristische Reagens auf Glukotannoide fixiert und färbt in wenigen Minuten die Kugeln rot violett mit steigender Intensität in Filament, Korolle und Fruchtknoten, der tief violettpurpurn tingiert ist.

Mit diesem Reagens und Osmiumsäure läßt sich die Verteilung der Substanz auch in den chlorophyllhaltigen Geweben sehr schön überblicken. Alle angewandten Gerbstoff- und Glukotannoidreaktionen fielen also positiv aus. Nun gibt es zwar kein Unterscheidungsmittel zwischen Phloro- und Katechuglukotannoiden; wenn man aber bedenkt, daß für die Mimosoiden im allgemeinen, speziell die *Acacia*-Arten schon längst neben Tanninen ein hoher Katechingehalt erwiesen ist, liegt es nahe, die hier gefundenen Gerbstoffe, deren Glukotannoidnatur gezeigt wurde, als Katechuglukotannoide anzusprechen. Interessant ist die Form, die Verteilung in der Zelle und ganz besonders das Zusammenvorkommen von wasserlöslichem Anthochlor (Flavonkörper) mit dem ebenfalls leicht löslichen Glukotannoid in derselben Zellvakuole, da durch **Freudenberg**[1] die nahe Verwandtschaft der Katechine mit den Flavonen dargetan wurde.

---

[1] Joachimowitz M., Ein neues Reagens auf Phloroglucin, Katechin und ihre Derivate, sowie über die Verbreitung derselben im Pflanzenreich. Biochem. Zeitschr., 82. Bd., 1917, p. 324.

Erwähnt sei noch, daß diese Gerbstoffprodukte typische Aldehydreaktion geben. Schiff'sches Reagens löst die Kugeln und gibt in den betreffenden Zellen eine diffus rotviollette Färbung. Manchmal bleiben die Kugeln in dieser Farbe erhalten und heben sich von den nach einigen Stunden durch das freigewordene Fuchsin schwach rot gefärbten Membranen schön ab. Das von **Willstätter**[2] angewandte spezifische Formaldehydreagens (Schiff'sches Reagens + HCl, 1 : 1) zeigt die Kugeln erst rotbraun, nach 10 Minuten, besonders bei Luftzutritt, tiefblau, später blaugrün, eine Erscheinung, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

Helichrysin.

Schon in der ersten Mitteilung hatte ich betont, daß das von **Rosoll**[3] gefundene Helichrysin kein vereinzelt dastehender, spezifischer Farbstoff gewisser *Helichrysum*-Arten sei, sondern auf Grund der Angaben von **Rosoll** und eigenen Voruntersuchungen zu den Anthochlorfarbstoffen der *Dahlia*-Gruppe gehöre. Nur besitzt er die Eigentümlichkeit, daß er, ähnlich wie das Anthochlor von *Eriogonum umbellatum*, in den ausgewachsenen Blütenblättern, deren Zellen frühzeitig absterben, in der Membran adsorptiv gespeichert wird. Ich war nun bestrebt, den Werdegang des Farbstoffes vom ganz jungen Köpfchen bis zum ausgewachsenen zu verfolgen.

In den jungen, schon zitrongelben Köpfchen von *Helichrysum foetidum* sind die Epidermiszellen der Involukralblätter von homogen gelbem Saft erfüllt, ebenso die Zellen der Staubfadenhaare, während die Staubfäden Karotin führen. Der gelbe Zellsaft gibt mit Lauge orangegelbe, mit konzentrierter Schwefelsäure orange- bis blutrote Färbung. In den offenen Blütenköpfchen sind die Zellen bereits leer, nur die Membranen intensiv gelb und geben dieselben Reaktionen wie früher der gelbe Zellsaft. Ein klares Bild geben die großen Köpfe von *Helichrysum bracteatum*, das in den Gärten in allen Farben von Weiß, Gelb, Rosa und Rot gezogen wird. Bei den gelben sind die jüngsten Blütenköpfchen bis zu 3 *mm* farblos, sie geben aber schon bei der Reduktionsprobe rosenrote Färbung; also müssen bereits flavonartige Vorstufen vorhanden sein. Im 4 *mm* hohen Köpfchen sind die äußersten Deckschuppen schon gelb, vielfach auch orangerot angelaufen, ebenso die Spitzen der Köpfchen. Die inneren Blättchen sind alle noch farblos. Bei Behandeln mit Methylenblau (1 : 10.000) in 10% Salpeterlösung (blaue Plasmolyse) zeigen sich noch alle Zellen lebend; im untern Teil, bis zu einem Drittel von der Insertionsstelle des Blütenbodens, ganz intakt, gegen die Spitze das Plasma schon teilweise geschrumpft, der Kern noch sichtbar, die Außenseite noch jünger als die Innenseite. Im 8 *mm* langen Köpfchen sind die oberen Drittel bis Hälften der Involukralblätter schon tot, die unteren Teile lebend. Was an der Knospe belichtet ist, ist braunrot angelaufen, alles andere farblos, in den toten gefärbten Zellen sitzt der Farbstoff schon in der Membran. In noch größeren Knospen sind nur mehr die Basalteile lebend, alles aber schon zitrongelb gefärbt. Bei den offenen Blütenständen geben die intensiv gelb gefärbten Involukra und die gefiederten Staubfadenhaare mit Lauge purpurviolette, mit konzentrierter Schwefelsäure feuerrote Farbe.

---

[1] **Freudenberg** K., Neuere Ergebnisse auf dem Gebiete der Gerbstoff-Forschung. Die Naturwissenschaften, 8. Jg., 1920, p. 903. — Die Chemie der natürlichen Gerbstoffe. Berlin 1920.

[2] **Willstätter** R. und **Stoll**, Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure, Berlin 1918.

[3] **Rosoll** A., Beiträge zur Histochemie der Pflanze. Sitzber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, Bd. 89, Jg. 1884, p. 138.

Erwähnt sei noch, daß im Querschnitte der jungen wie der alten Involukra die Außenmembran der inneren (oberen) Epidermis eine stark lichtbrechende, bikonvexe Linse vorstellt, die den Farbstoff stark gespeichert zeigte (auch sämtliche Innenwände sind mit dem Farbstoff infiltriert). Bei Zusatz von starker Lauge quillt die verdickte, lichtbrechende Membran stark auf, erfüllt die Zelle, hebt die flache Papille und dehnt sie in eine Spitze aus. Die äußere (untere) Epidermis ist allseits verdickt, besonders stark nach außen, und quillt bei Laugenzusatz gleichmäßig auf. Die dazwischenliegenden fünf bis acht Zellschichten sind dünnwandig, alle aber intensiv gelb gefärbt. Diese Membraneigentümlichkeiten dürften wohl für das Verhalten bei der Quellungsbewegung bestimmend sein.

Die weitere chemische Untersuchung des gelben Membranfarbstoffes ergab folgendes:

Die tiefgelbe alkoholische Lösung gibt mit Bleiacetat eine tief ziegelrote Bleiverbindung, ebenso der Eisessigextrakt nach Neutralisieren mit Ammoniak. Die Fällung ist fast quantitativ und besteht aus roten Körnchen und Schollen, aber auch gelben Drusen und Sphäriten. Aus dem Bleiniederschlag löst Eisessig fast nur den Farbstoff, während die Verunreinigungen infolge Schwerlöslichkeit ihrer Bleisalze ungelöst bleiben.

Die rotbraune Eisessiglösung läßt beim langsamen Abdunsten gelbe Tropfen fallen, die zu gelben Nadelbüscheln und Sphäriten werden. Auch der mit 4 $^0/_0$ Schwefelsäure aus dem Bleiniederschlag freigemachte Farbstoff krystallisiert in gelben Nadeldrusen. Der Farbstoff ließ sich aber auch in intaktem Zustand krystallisieren. Die alkoholische Lösung wurde im Vakuum bei 50 bis 60° eingeengt und noch heiß mit der gleichen Menge kalten Wassers übergossen, wobei der Farbstoff zum größten Teil in großen gelben Kugeln ausfällt. Der Niederschlag wurde in wenig heißem Methylalkohol aufgenommen und mit der doppelten Menge Äther geschüttelt; es scheidet sich ein tiefbrauner Sirup ab, der sich nach einigen Tagen in lauter gelbe, beiderseits zugespitzte Nadeln verwandelt (Fig. 5). Der noch in Lösung befindliche Farbstoff fällt nach Abgießen des Äthers beim Ausbreiten in dünner Schicht in wenigen Minuten als gelbe Kugeln. Diese geben, wie die Nadeln, mit Schwefelsäure rosenrote, mit Lauge purpurviolette bis tiefblaue Lösung, zeigen also das gleiche Verhalten wie die Anthochlorkrystalle von *Linaria vulgaris.* Ein anderes krystallisiertes Produkt wurde aus der Eisessiglösung durch Fällen mit Äther und Neutralisieren des Sirups mit Ammoniak in Form von rotbraunen, mächtigen Sphärokrystallen, bei wenig Ammoniak als gelbe Nadelbüschel und Schollen erhalten.

Die Hydrolyse gelang am besten durch Kochen der alkoholischen Lösung 1 Viertelstunde lang und folgendes Verdünnen mit

Wasser, wobei das in Alkohol lösliche Aglykon vollständig als rotbraune Körnchenmasse, teilweise auch als Schollen und Nadeldrusen ausfällt, die, aus Alkohol umkrystallisiert, gelbe Nadeln und Büschel liefern.

Schließlich gelang auch die Reduktion des gelben Farbstoffes zu einem roten Produkt, während Rosoll nur zu einer farblosen Lösung reduzieren konnte. Die salzsaure Lösung wird mit Zinkstaub und Magnesiumband farblos, wenn man aber gleichzeitig kühlt, rosa. Viel schöner gelingt die Reduktion nach Noack.[1] Die wässerige Lösung wurde mit Amylalkohol ausgeschüttelt, dieser unter Abkühlen bis zur Rosafärbung reduziert, dann vom Zink abgegossen und mit Salzsäure am Wasserbade erhitzt. Dabei nimmt die Lösung eine tief rosenrote bis rotviolette Farbe an und stimmt auch sonst mit den Anthochlorreduktionsprodukten überein.

Safflorgelb.

Auch die Farbstoffe von *Carthamus tinctorius*, die bisher nicht krystallisiert werden konnten, wurden weiter untersucht, freilich an altem, getrocknetem Material, da mir frisches nicht zugänglich war. Der wasserlösliche gelbe Farbstoff, das Safflorgelb, dessen allgemeine Anthochloreigenschaften schon früher[2] gezeigt wurden, gibt bei der Hydrolyse der essigsauren Lösung mit 20% Schwefelsäure einen orangegelben Aglykonniederschlag, der, in Alkohol gelöst, beim Abdunsten lauter rötlichgelbe Sphärokrystalle in recht reiner Form ausfallen läßt. Der Eisessigextrakt gibt mit dem halben Volumen konzentrierter Schwefelsäure am Wasserbade nach 10 Minuten sehr lange, gelbe, besenförmig und flechtenartig gekrümmte Krystallbüschel, nach 30 Minuten schwarzbraune Sphärokrystalle. Bleiacetat bildet eine orangerote Fällung; diese wurde mit 4% Schwefelsäure gespalten, die überschüssige Schwefelsäure mit Bariumchlorid gefällt und abfiltriert; nach einigen Wochen hatten sich schillernde lichtbraune Plättchen entwickelt, an denen orangebraune lange Nadeln und dunkle Drusen hafteten. Wird die saure Lösung mit Alkali neutralisiert, so fallen mächtige Klumpen, aus hunderten gelbbraunen Sphärokrystallen bestehend, fast quantitativ aus. Die wässerige Lösung gibt endlich mit Ammoniak (2 : 1), am Wasserbade eine halbe Stunde behandelt, einen gelb-rot-grün schillernden Niederschlag von schönen gelben Nädelchen und Kugeln. Die Reduktion zu einem roten Produkt gelang freilich mit diesem alten Material nicht mehr.

---

[1] Noack K., Untersuchungen über den Anthokyonstoffwechsel auf Grund der chemischen Eigenschaften der Anthokyangruppe. Zeitschr. f. Bot., 1918, p. 574 bis 576.

[2] Klein G., I. Mitt., l. c.

Schließlich noch einiges zur chemischen Stellung des Safranfarbstoff.

Die orangefarbigen Narben von *Crocus sativus* führen in allen Zellen einen orangeroten Farbstoff im Zellsaft gelöst,[1] neben fettem Öl, in dem er unlöslich ist;[2] im getrockneten Zustand im Zellinhalt und der Membran. Auch andere Safranarten führen einen ähnlichen Farbstoff in den Narben und, was besonders interessant ist, zwei Scrophalarineen, *Lyperia crocea*[2] und *Gardenia grandiflora*,[3] eine Iridacee, *Tritonia aurea*, und eine Rubiacee, *Fabiana indica* (chinesische Gelbschoten).[4] Soviel über diesen Farbstoff geschrieben wurde, sowenig Sicheres ist bekannt, so verschieden die Anschauungen. Der Farbstoff, das Crocin, ist in Wasser, in verdünnten Säuren und verdünntem Alkohol mit gelber bis orangeroter Farbe leicht, in absolutem Alkohol schwer löslich, in Äther und den anderen organischen Lösungsmitteln unlöslich. Die Färbekraft ist sehr groß (1 : 200.000 färbt noch deutlich gelb). Konzentrierte Schwefel- und Salpetersäure färben vorübergehend indigoblau, dann violett, rot und schließlich braun; ähnlich färbt Brom.

Bei der Hydrolyse entsteht Zucker (Dextrose) und ein wasserunlöslicher Farbstoff, das Crocetin, das in Alkohol leicht löslich ist. Das Crocin ist also ein Glykosid. Außerdem liegt im Gewebe auch ein ätherisches Öl in ziemlicher Menge, das Safranol, das als Terpen erkannt wurde. Das Crocetin zeigt dieselben Farbenreaktionen wie sein Glykosid. Das Crocin konnte bisher nicht krystallisiert werden, wohl aber das Crocetin.

Zufolge seiner stark sauren Natur bildet es mit anorganischen und organischen Basen Verbindungen, die teilweise gut krystallisieren. So konnte Decker[5] das Ammoniumsalz, Pfyl und Scheitz[6] dieses, das Brucin-, Coniin- und Chininsalz krystallisiert darstellen, später Decker[7] das Kalium- und Natriumsalz, eine Anilin-, Pyridin- und Chinolinverbindung. Auch die Erdalkalimetalle geben hellgelbe, die Schwermetalle dunkelgelbe, orange bis braune Niederschläge der entsprechenden Metallverbindung. Die von älteren Forschern aufgestellten Formeln besagen nichts, da sie an unreinem, amorphem Material durchgeführt wurden. Die letzten Analysen von Decker ergaben für Crocetin die Formel $C_{10}H_{14}O_2$, was aber noch immer mit entsprechender Reserve aufzunehmen ist, da auch dieses Material noch verunreinigt erscheint. Er hat neben den genannten auch andere Derivate, z. B. das Acetylprodukt, dargestellt, aber nicht analysiert.

Tunmann[8] versuchte mikrochemisch die angeführten krystallisierten Verbindungen darzustellen, als ergänzende Charakteristika für die bisher allein gebrauchten Farbenreaktionen. Er erhitzte etwas Narbenpulver mit dem entsprechenden Reagens. Dabei wird der Farbstoff gespalten und das freiwerdende Crocetin gibt dann die Verbindungen mit den verschiedenen Basen. Er erhielt so das Kali- und Natriumsalz, die Strychnin- und Coniin- und schließlich eine Anilinverbindung, die relativ leicht in großen rotbraunen Sphäriten krystallisiert. Diese Reaktion bezeichnet

---

[1] Molisch H., Grundriß einer Histochemie der pflanzlichen Genußmittel. Fischer, Jena, 1891.

[2] Möller, Nahrungs- und Genußmittel. Berlin, 1905.

[3] Molisch H., Mikrochemie der Pflanze. II. Aufl. Jena, 1921, p. 272.

[4] Die genannten Pflanzen standen mir leider zu einer Untersuchung nicht zur Verfügung.

[5] Decker Fr., Über den Farbstoff im Safran. Chem. Ztg. 1906, p. 18.

[6] Pfyl B. und Scheitz W., Über krystallisierte Salze des Safranfarbstoffes. Dissertation München. Ref. Chem. Ztg. 1906, p. 299.

[7] Decker Fr., Beiträge zur Kenntnis des Crocetins. Arch. d. Pharm., 1914, Bd. 252, p. 139.

[8] Tunmann O., Beiträge zur angewandten Pflanzenmikrochemie. XVI. Über den Nachweis des Crocetins. Apoth. Ztg., Berlin 1916, Bd. 31, p. 237.

Tunmann als die beste Methode des Crocetinnachweises. Auf Grund der Wiederholung dieser Reaktionen kann ich die makrochemische Darstellung der Salze nur bestätigen. Sie gelingt mit jüngerem Material ziemlich leicht und gut, die mikrochemische ist jedoch weniger befriedigend, da sie mit älterem Material meist gar nicht gelingt und überdies Tage zur Krystallbildung notwendig sind. Am besten gelingt entschieden die Anilinverbindung, die ich aber immer in langen Nadeln und nicht in Sphäriten erhielt (Fig. 6).

An eigenen Befunden sei betont, daß das Crocin krystallisiert erhalten werden konnte. Frische Handelsware von Crocusnarben wurden im Exsikkator bei 80° getrocknet, verrieben, zweimal mit Petroläther zur Entfernung von Fetten etc. extrahiert, der Farbstoff mit Alkohol ausgezogen und mit 2 Vol. Äther und 1 Vol. Petroläther ausgeschüttelt und stehengelassen. Der dicke rotbraune Sirup, der sich sofort ausscheidet, ist in einigen Tagen teilweise zu einer schwarzroten Krystallmasse erstarrt, die sich unterm Mikroskop aus tiefroten mächtigen Drusen, Sphäriten und federförmig angeordneten Nadelbüscheln zusammengesetzt zeigt (Fig. 7). Auch im Gewebe viele Jahre alten Narbenmaterials konnte ich in jeder Zelle orangegelb gefärbte Schollen und Klumpen mit deutlich krystallinischem Verhalten finden.

Sowohl das Crocin wie das Crocetin lassen sich zu farblosen Körpern reduzieren. Der wässerige Extrakt wie die amylalkoholische Ausschüttelung werden mit Natriumsulfit, Zinkstaub-Magnesium und noch schneller mit Natriumamalgam und Salzsäure farblos. Die filtrierte farblose Lösung, mit Salzsäure gekocht, wird wieder gelb. Eine rote Reduktionsstufe konnte ich nicht erhalten. Vielleicht gelingt sie mit dem Farbstoff frischer Narben. Bei der Ausschüttlung zeigt Crocin das typische Verhalten vieler Anthochlorfarbstoffe. Die salzsaure Lösung gibt an Amylalkohol den Farbstoff ab, nach der Hydrolyse läßt sich der ziegelrote Crocetinniederschlag leicht mit Amylalkohol ausschütteln und geht mit Soda wieder in die wässerige Schicht über.

Die Frage, in welche Gruppe von Stoffen das Crocin einzureihen sei, ist noch offen. Weiss[1] und Kayser[2] hielten es dem Verhalten bei der Hydrolyse entsprechend für ein Glykosid. Schüler[3] bestritt dies und bezeichnete das Crocin als Phytosterinester der Stearin- und Palmitinsäure. Er wurde aber durch die vorhandenen Fettsäuren und -alkohole irregeführt, und Decker[4] zeigte, daß der Farbstoff mit Fetten nichts zu tun habe. Hilger[5] meinte, daß der Farbstoff mit Zucker und Öl in Bindung sei. Decker nimmt wieder Beziehungen zum Safranöl an, also zu den Terpenen, da auch das gereinigte Crocetin nach Erwärmen mit Natronlauge den charakteristischen, kampferartigen Geruch des Safranöles gibt. Ausschlaggebend erscheint diese Tatsache wohl nicht, wenn man bedenkt, wie zähe gerade ätherische

---

[1] Weiss B., Über den Farbstoff des Safrans. Journ. f. prakt. Chem., 101, 1867, p. 65.

[2] Kayser R., Über im Safran vorhandene Substanzen. Ber. d. d. chem. Ges., 1884, 17. Jg., p. 2228.

[3] Schüler O., (Diss. München, 1899); Ref. Botan. Zentr., *87*, 152, 1901.

[4] Decker Fr., *Beiträge zur Kenntnis des Crocetins*, l. c.

[5] *Hilger, Chem. Zentr., 1900, II, p. 576.*

Öle festgehalten werden und schon in Spuren am starken Geruch erkennbar sind. Es liegt da die Annahme nahe, der Farbstoff sei noch mit Spuren von Terpen verunreinigt gewesen, was um so verständlicher ist, da beide Stoffe in derselben Zelle zusammen vorkommen und das Terpen am Farbstoff adsorptiv festgehalten werden muß. Dazu wäre eine wasserlösliche, glykosodische Terpenverbindung recht merkwürdig.

Von botanischer Seite wurde der Farbstoff auf Grund der Farbenreaktionen meist mit den Carotinoiden in Zusammenhang gebracht. Kohl[1] vermutet, daß der Safranfarbstoff aus Carotin und β-Xanthophyll (Anthochlor) bestehe. Tunmann[2] betont, daß die carotinartigen Reaktionen auf Beziehungen zu diesem deuten und sagt: »Ich glaube, man wird diese Ansicht auch noch nach dem Erscheinen der Decker'schen Arbeit aufrechterhalten können, auch wenn das Crocin in glykosidischer Bindung ist.« Er selbst konnte weder auf Grund der Löslichkeit noch mit der Kalimethode ein Carotin nachweisen, sondern erhielt mit letzterer Methode nur die gelben Krystalle von Kaliumcrocetin, die sich in Wasser leicht lösten. Auch Czapek[3] nimmt unleugbare Beziehungen des Crocins zu den carotinartigen Lipoiden an, die sich in der indigoblauen Schwefelsäurereaktion zeigen. Soviel ist sicher, daß der Farbstoff kein Carotin und auch kein echtes »Lipochrom« (Chromatophorenfarbstoff) ist, was auch Tunmann feststellte. Man müßte denn mit Tswett[4] eine »biologische Gruppe von Lipoiden annehmen, deren Angehörige nicht immer Kohlenwasserstoffe sein müssen«.

Bei der Prüfung der von Wisselingh[5] zusammengestellten Reaktionen auf Carotinoide konnte ich feststellen, daß nur die Farbenreaktionen mit H_2SO_4, HNO_3 und Br positiv ausfallen, negativ die Proben mit Jodjodkali, Jodchloralhydrat, Antimonchlorür, Zinkchlorid oder Aluminiumchlorid in Salzsäure, negativ auch alle Krystallisationsmethoden, die Kali- und die Säuremethode, die Resorcin- und die Phenolprobe. Weder der Narbenextrakt, noch das extrahierte Gewebe zeigen Carotinoid, nur die Pollenkörner, wie auch Tunmann angibt. Nun ist zu betonen, daß die Blaufärbung mit den bekannten Reagentien für die Carotinoide nicht spezifisch ist; es gibt ja auch Bixin,[6] das sicher kein Carotin ist, eine typische Blaufärbung und Kosniewski und Marchlewski[7] verweisen auf den von Pechmann aus Benzoylacrylsäure dargestellten Farbstoff, der spektral und durch die Blaufärbung dem Carotin ähnelt, ohne chemisch natürlich etwas damit gemein zu haben.

Es will mir nun scheinen, daß eine Einreihung eines Stoffes in eine chemische Gruppe nur auf Grund einer nicht eindeutigen Farbenreaktion, wenn alles andere dagegen spricht, sehr fraglich ist. Gegen die Carotinnatur spricht vor allem die Wasserlöslichkeit, die Glykosidnatur, der Säurecharakter des Aglykon und das damit zusammenhängende Vermögen, mit Basen Salze zu bilden. Dazu kommt das charakteristische Verhalten bei der Ausschüttelung gegen Salzsäure, Amylalkohol und Soda, die leichte Reduktionsfähigkeit und die Art der Krystallisation des intakten Farbstoffes. All das spricht aber dafür, daß das Crocin der so vielseitigen Gruppe der wasserlöslichen Flavonabkömmlinge nahesteht. Bei genügend Material könnte schon die Kalischmelze allein einigen Aufschluß geben.

---

[1] Kohl F. G., Untersuchungen über das Carotin und seine physiologische Bedeutung in der Pflanze. Leipzig, 1902.

[2] Tunmann O., Beiträge etc., l. c.

[3] Czapek Fr., Biochemie der Pflanzen. II. Aufl., I. Bd., 1913, p. 807.

[4] Tswett M., Über den makro- und mikrochemischen Nachweis des Carotins. Ber. d. d. botan. Ges., 1911, Bd. 29, p. 630 ff.

[5] v. Wisselingh C., Über die Nachweisung und das Vorkommen von Carotinoiden in der Pflanze. Flora, 1915, N. F. Bd. XVII, p. 371.

[6] Perkin A. G., Journ. Chem. Soc., 101, 1912, p. 1538.

[7] Kosniewski und Marchlewski, Anzeig. Akad., Krakau, 1906, p. 81.

Anthochlor in Frucht, Blatt und Stengel.

So wie die Anthokyane keine spezifischen Blutenfarbstoffe sind, da sie für viele Früchte, Blätter, Stengel und sogar Wurzeln typisch erscheinen, so konnte ich auch in einigen Fällen das Vorkommen von Anthochlor in Frucht, Blatt und Stengel nachweisen.

Citrus.

Die zitrongelbe Fruchtschale von Citrus zeigt an dünnen Querschnitten in der noch nicht ganz reifen Frucht die Epidermis homogen gelb, an älteren den Zellsaft farblos, im Plasma deutlich gelbe Tropfen und Körner, an reifen Früchten die Zellen leer mit einer gelben Kugel oder mehreren Körnern (wohl der geschrumpfte und tingierte Protoplast), die Kutikularschicht intensiv gelb. Die darunterliegenden fünf bis sechs Schichten führen in den Zellen gelbe Körnchen (in jüngeren Stadien noch Tröpfchen). Auf diese folgen farblose Schichten, die gegen das Innere immer mehr Hesperidin führen. Die Zellen und die Ölbehälter zeigen homogenen gelben Zellsaft, bisweilen auch gelb angefärbte ölige Tropfen. Die Zellen um die Spaltöffnungen sind dicht gelbkörnig. Die frische Schale gibt mit Lauge orange, mit Schwefelsäure orangegelbe Färbung, die nach einiger Zeit in Rotbraun übergeht. Hansen,[1] der den Farbstoff zuerst untersuchte, gibt neben einigen Löslichkeitsverhältnissen nur braune Farbe mit Schwefelsäure an, was aber auf die Verkohlung bei zu starker Säure oder auf die Farbenreaktion des reichlich vorhandenen Hesperidins zurückzuführen ist, wie ich mich selbst überzeugte. Die gelben Körnchen und Klumpen lösen sich in den genannten Reagentien in den gelben Farbentönen, ein Beweis, daß man es nicht mit Karotinen zu tun hat.

Bei Behandeln mit kaltem, destilliertem Wasser erhält man eine trübe, schwach lichtgelbe, mit heißem eine tiefgelbe, klare Lösung, ebenso mit kaltem Leitungswasser. Verdünnte Salzsäure löst lichtgelb, Natriumacetat zitrongelb, Methyl- und Äthylalkohol und Eisessig tiefgelb. Nach dem Ausziehen erscheinen die Schalenstücke meist noch lichtgelb, da sich der Farbstoff in der Kutikula und den tieferen Schichten nur schwer löst.

Amylalkohol und Äther lösen nichts, die Schale bleibt tiefgelb. Schnitte durch die so behandelten Schalen zeigen den Farbstoff in Tropfen, manchmal zu Sphärokrystallen erstarrt, das Hesperidin in mächtigen Nadelbüscheln.

---

[1] Hansen A., Die Farbstoffe der Blüten und Früchte. Verh. d. phys. med. Ges. zu Würzburg, N. F. Bd. 18, Nr. 7, 1884.

Die wässerige, salzsaure Lösung gibt, mit Amylalkohol ausgeschüttelt, den Farbstoff vollständig an diesen ab, die wässerige Schichte ist farblos. Mit Natriumcarbonat geht der Farbstoff wieder mit dunkelgelber Farbe in die wässerige Lösung über.

Die amylalkoholische Schicht nimmt bei Reduktion mit Zinkstaub und Magnesium in salzsaurer Lösung eine rosenrote Färbung an.

Bei der Hydrolyse mit verdünnter Säure fällt ein brauner Niederschlag, bestehend aus tiefgelben Körnchen und Stäbchen, die gegen Amylalkohol dasselbe Verhalten zeigen wie alle anderen Anthochlore. Starke, kalte Salz- und Schwefelsäure geben einen Niederschlag von tiefgelben Körnchen und Sphärokrystallen. Bleiacetat fällt aus der wässerigen Lösung gelbe Körnchenaggregate, die, in Eisessig gelöst, nach einiger Zeit schöne gelbe Nädelchen und orange Sphärokrystalle geben.

Die Löslichkeitsverhältnisse, die Farbenreaktionen, das rote Reduktionsprodukt, das Verhalten gegen Amylalkohol und bei der Hydrolyse zeigen eindeutig, daß der Citrusfarbstoff ein Flavonderivat ist und in die Gruppe der Anthochlorfarbstoffe gehört. Neu ist das Übergehen des Farbstoffes beim Reifen in zähflüssige und feste Form.

Apfelschale.

Entgegen der Zitronenschale enthalten die tiefgelben Schalen mancher Apfel- (z. B. gelber Edelapfel) und Birnensorten ebenso wie die intensiv gelbe Schale vom Quittapfel kein Anthochlor, sondern in den vier bis sechs äußersten Schichten feine, gelbe Körnchen, die auf Zusatz von konzentrierter Schwefelsäure blaugrüne bis tiefblaue Farbe zeigen und sich dadurch als Chromoplasten zu erkennen geben. Trotzdem enthält der lichtgelbe Saft reichlich Flavonstoffe, da bei der Reduktion des salzsauren gelblichen Extraktes der Schalen immer die charakteristische Rotfärbung auftritt. Nun hat schon Tswett[1] durch Salzsäure-Formol aus Apfelschalenextrakt (näheres wird nicht angegeben) »künstliches Anthokyan« erhalten, das in vielen Eigenschaften (z. B. Farbenumschlag) mit dem natürlichen übereinstimmt, in manchen freilich, z. B. Unlöslichkeit in Wasser, nicht.

Er nimmt an, daß es vielleicht aus vorhandenen tannoiden Stoffen entstanden sei. Er erhielt aber auch mit Birnen, Bananen, weißen Korollblättern von Rosen und Zyklamen ähnliche rote Produkte, dagegen nicht mit dem Mesophyll von Blättern, Stammknollen und Wurzeln.

---

[1] Tswett M., Beiträge zur Kenntnis der Anthokyane. Über künstliches Anthokyan. Biochem. Zeitschr. 1913, Bd. 58, p. 225 ff.

Auch die anthokyanähnlichen Stoffe, die Peche[1] mit Kalilauge-Formol aus »eisengrünenden Gerbstoffen« verschiedener Rosaceen erhielt, gehören hieher. Shibata[2] machte darauf aufmerksam, daß man es hier mit Flavonkörpern zu tun haben könnte, wiewohl die genannten Forscher schon ohne Reduktion rote Stoffe erhielten. Noack[3] aber überprüfte die Verhältnisse mit den von Willstätter[4] für die Anthokyane gegebenen Methoden. Er stellte in den Extrakten sowohl von Apfelschnitzeln (Tswett) wie von Quittenblättern (Peche) eine farblose Anthocyanidinpseudobase fest, die mit Salzsäure allein schon in die rote Form übergeht, daneben aber auch eine gelbe wasserlösliche Oxydationsstufe, also Flavonderivate, die dem Anthochlor entsprechen.

Er betonte aber auch,[5] daß die Grünfärbung mit Eisenchlorid nicht nur ein Merkmal einer Gerbstoffgruppe (besser würde es wohl heißen: mancher Gerbstoffe[6]) ist, sondern auch einer Reihe von Flavonderivaten, und zeigte dies an Beispielen. Nun muß wohl zugegeben werden, daß auch Gerbstoffe, speziell die Katechine, künstlich und natürlich rote Produkte (Gerbstoffrote, Phlobaphene) liefern; diese sind aber in Wasser und Alkohol unlöslich. Andrerseits sind gerade die Katechine mit den Flavonen sehr nahe verwandt.[7] All dies führt aber zu dem Schlusse, daß die roten Produkte der genannten Forscher aus Flavonderivaten, und zwar anthochlorähnlichen Stoffen, entstanden seien.

Blätter und Stengel.

Auch in diesen Organen konnte Anthochlor festgestellt werden, freilich nur bei Pflanzen, deren Blüten Flavonderivate, Anthochlor oder Anthokyan führen. Die Blätter und Blütenstiele der tiefgelb blühenden *Dahlia*- und *Anthirrhinum*-Arten sind bleichgrün, die jüngeren gelbgrün gefärbt; an Querschnitten, deutlich nur in der Epidermis, und wässerigen Extrakten kann man das Anthochlor feststellen, das freilich nicht so konzentriert vorliegt wie in der Blüte. Auch in den Blättern von orange- und rotblühenden Varietäten dieser Pflanzen konnte ich Anthochlor nachweisen. Im gelben Blütenschaft und den bleichgrünen Blättern von *Reseda lutea* und

---

[1] Peche K., Uber eine neue Gerbstoffreaktion und ihre Beziehung zu den Anthokyanen. Ber. d. d. bot. Ges., 1913, Bd. XXXI, p. 462.

[2] Shibata, K., Untersuchungen uber das Vorkommen und die physiologische Bedeutung der Flavonderivate in Pflanzen. I. Mitt. The Botanical Magazine, Vol. XXIX, Juli 1915, p. 123.

[3] Noack K., l. c., p. 561.

[4] Willstätter und Mitarbeiter, Liebigs Annalen, 401, 1913; 408, 1915; 412, 1916.

[5] Noack K., l. c., p. 624.

[6] Freudenberg K., l. c.

[7] Freudenberg K., l. c. p. 905.

luteola findet man nicht nur das für diese Pflanzen charakteristische Flavon Luteolin, sondern auch sein wasserlösliches Derivat, ein Anthochlor, das neben Luteolin in den Blüten vorhanden ist und diese gelb färbt.

In all diesen Fällen konnte leicht die Reduktion zu roten Verbindungen durchgeführt werden, die das charakteristische Verhalten gegen Salzsäure, Amylalkohol, Natriumacetat etc. zeigten.

Schon Combes[1] erhielt aus den grünen Blättern von *Ampelopsis hederacea* und *Ligustrum* einen gelben, wasserlöslichen Stoff, der sich nach der Reduktion wie Anthokyan verhielt. Noack[2] bestätigte das Vorkommen dieses Stoffes neben einer Anthocyanidinpseudobase. Er selbst konnte bei im Dunkeln gehaltenen Pflanzen von *Polygonum compactum* in den Blättern neben einer Pseudobase die Anreicherung eines gelben, wasserlöslichen Flavonfarbstoffes nachweisen, der als »Anthokyanoxydationsprodukt« bei der Reduktion wieder roten Farbstoff liefert. Er fand ihn auch in normalen Blättern dieser Pflanze, mit Anthocyanidin vikariierend, ebenso bei *Polygonum virginianum* und *Rumex scutatus*. Der Zusammenhang dieser Farbstoffe mit den gleichzeitig vorhandenen Flavonen (Rutin etc.) ist auf der Hand liegend. Ebenso fand er eine gelbe »Oxydationsstufe« in den Blättern der rotblühenden *Paeonia officinalis* und der gelbblühenden, Anthochlor führenden *Paeonia Wittmanniana*. Bei der Entrötung der jungen Blätter nimmt der gelbe Farbstoff zu, in manchen gelbgrünen Blättern dieser Varietät ist er reichlicher vorhanden als im grünen, auch bei der herbstlichen Rötung von August angefangen nimmt er zu. Er wird mit Salzsäure tiefgelb, bei der Reduktion rot, ist also ein Anthochlor.

Es war nun interessant, daß auch in den herbstlich gelb verfärbenden Blättern vieler Pflanzen wasserlösliche, gelbe Farbstoffe festgestellt worden waren. Kohl[3] fand in goldgelben Blattvarietäten, z. B. von *Sambucus nigra foliis luteis*, und herbstlich gelben Blättern, nicht aber in etiolierten, bei Kochen mit Wasser gelbe Lösungen, die mit Lauge orangegelb wurden und die er mit Tschirch[4] β-Xanthophyll nannte (darunter verstand Tschirch die wasserlöslichen, gelben, seit Prantl Anthochlor genannten Farbstoffe).

Auch Macchiati[5] gewann aus den Blättern von *Euonymus japonica* einen wasserlöslichen, gelben Farbstoff in Krystallen, den er Xanthophyllidrin nannte. Tswett[6] zeigte, daß im herbstlichen Laub nur mehr geringe Mengen der normalen Lipochrome vorhanden seien, daß die herbstlichen Farbstoffe von den normalen verschieden seien und schreibt ihnen eine Rolle beim Zustandekommen des Gesamteffektes der Färbung zu. Auch er stellte wasserlösliche, gelbe Stoffe dar. Schon vorher hatte Staats[7] mit Alkohol aus Herbstlaub intensiv gelbe Extrakte gewonnen, die mit Lauge rotbraune, wasserlösliche Niederschläge gaben. Aus wässerigem Alkohol konnte er die Kaliverbindung von Linden- und Buchenherbstgelb in schönen rotgelben Nadeln erhalten, die er Autumnixanthin nannte.

Ich konnte mich nun überzeugen, daß in den herbstlich gelbwerdenden Blättern, z. B. von *Acer*, *Tilia* und *Phaseolus*, neben Carotinen ein wasserlöslicher, gelber Farbstoff enthalten ist. Dasselbe zeigen die im Laufe der Vegetationsperiode bei ungünstigen Witterungsverhältnissen vergilbenden und die nach dem Verfahren von Molisch[1] künstlich zum Vergilben gebrachten Blätter der genannten Pflanzen. Der gelbe Farbstoff gibt mit Schwefelsäure tiefgelbe, mit Lauge orangegelbe und bei Reduktion schön rosenrote Farbe. Damit ist auch das Auftreten von Anthochlor bei der herbstlichen Verfärbung und beim Vergilben der Blätter gezeigt.

---

[1] Combes, Compt. Rend. *153*, 1911, p. 886; *157*, 1913, p. 1002, *1454*; 158, 1914, p. 272.

[2] Noack K., l. c., p. 616.

[3] Kohl F. G., l. c., p. 94.

[4] Tschirch A., Der Quarzspektroskop und einige damit vorgenommene Untersuchungen von Pflanzenfarbstoffen. Ber. d. d. bot. Ges., 1896, Bd. XIV.

[5] Macchiati, Gaz. chim. ital., *16*, 1886, p. 231, Malpighia I., 1887, p. 478.

[6] Tswett M., Über das Pigment des herbstlich vergilbten Laubes. Ber. d. d. bot. Ges., 26. Jahrg., 1908, p. 94.

[7] Staats G., Ber. d. d. chem. Ges., Bd. 28, 1895, p. 2807.

In der ersten Mitteilung wurde das ziemlich häufige Vorkommen von wasserlöslichen gelben Blütenfarbstoffen, ihre Flavonnatur und ihr gleichzeitiges Vorkommen mit den eigentlichen schwachgelben, wasserunlöslichen Flavonen *(Ruta, Reseda)* einerseits, ihr vikariierendens Vorkommen mit Anthokyanen andrerseits gezeigt. Hier wurde das Vorhandensein von Anthochlor in Frucht, Blättern und Stengeln festgestellt und ihr Zustandekommen beim Vergilben und bei der herbstlichen Gelbfärbung der Blätter dargetan.

Nun konnte Shibata[2] zeigen, daß farblose, beziehungsweise schwachgelbe, wasserlösliche Flavonglykoside ein regelmäßiger Zellbestandteil der Epidermis von oberirdischen Organen fast aller Pflanzen sind, und ferner, daß im Herbst rotende Blätter schon im Sommer reich an Flavonen sind. Diese Tatsachen legen den Schluß nahe, daß sowohl die roten (Anthokyane) wie die gelben Flavonderivate (Anthochlore) aus schon vorhandenen, mehr minder farblosen Flavonkörpern durch gerade hier sich zahlreich abspielende Reduktions-, beziehungsweise Oxydationsvorgänge etc. entstehen. Dieses fast allgemeine und so verschiedenartige Vorkommen von Flavonen und deren Derivaten wirft ein neues Licht auf die Bedeutung dieser Körperklasse für die Pflanzenwelt. Welche chemische Stellung die Anthochlorfarbstoffe in der Reihe der Flavonabkömmlinge einnehmen, soll in einer im Gange befindlichen makrochemischen Untersuchung gezeigt werden.

Schließlich fühle ich mich gedrängt, Herrn Hofrat Prof. Dr. Hans Molisch für das stete Interesse, das er den Untersuchungen entgegenbrachte, auch hier meinen ergebensten Dank auszusprechen. Herrn Assistenten Josef Kisser danke ich herzlich für die Anfertigung der Zeichnungen.

Zusammenfassung.

In der ersten Mitteilung über Anthochlor wurde das Vorkommen und die Verbreitung von im Zellsaft gelösten, gelben Anthochlorfarbstoffen in den Blüten verfolgt, ihre Flavonnatur aufgedeckt und ihre Krystallisationsfähigkeit dargetan. Nun wurde ergänzend festgestellt:

---

[1] Molisch H., Über die Vergilbung der Blätter. Sitzber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, Bd. 127, 1918, 1. H.

[2] Shibata K., Untersuchungen ....., l. c., I., II. u. III. Mitt.

1. Anthochlor findet sich auch in Früchten (*Citrus*-Schale), in Blättern und Stengeln (*Dahlia*, *Antirrhinum*, *Reseda*), im herbstlich gelbgefärbten und im vergilbten Laub.

2. Die schon von früheren Forschern festgestellten wasserlöslichen, gelben Farbstoffe in Blättern wurden unter einen Gesichtspunkt gebracht und ihr Zusammenvorkommen mit farblosen Flavonglykosiden (Anthokyanvorstufen) festgestellt.

3. Von bisher fraglichen Farbstoffen wurde bei Helichrysin und Safflorgelb die Anthochlornatur und Krystallisierbarkeit gezeigt. Der Werdegang des Helichrysins wurde in der Blüte verfolgt.

4. Der *Crocus*-Farbstoff wurde krystallisiert und seine Beziehungen zu den Anthochloren zu begründen versucht.

5. Endlich wurde ein merkwürdiges Zusammenvorkommen von Anthochlor und Gerbstoffderivaten, wahrscheinlich Katechuglukotannoiden, in derselben Zelle bei den gelben *Acacia*-Blüten gezeigt.

Figurenerklärung.

Fig. 1. Stück eines Filamentes von *Acacia rostellifera*. *A*. Farblose Vakuolen im gelben Zellsaft.

Fig. 2. Stück eines Korollblattes von *Acacia rostellifera*. Die Gerbstoffvakuolen mit Osmiumsäure schwarz gefärbt.

Fig. 3. Stück eines Korollblattes von *Acacia falcata*. In den Gerbstoffvakuolen Körnchen mit Osmiumsäure blau gefärbt.

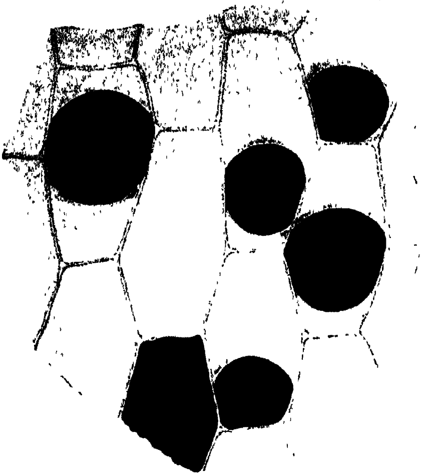
Fig. 4. Stück eines Querschnittes durch das Blatt von *Acacia rostellifera*. Die gerbstoffführenden Zellen mit Paradimethylaminobenzaldehyd + H_2SO_4 violett gefärbt.

Fig. 5. Krystallnadeln von Helichrysin. Aus Alkohol mit Äther gefällt.

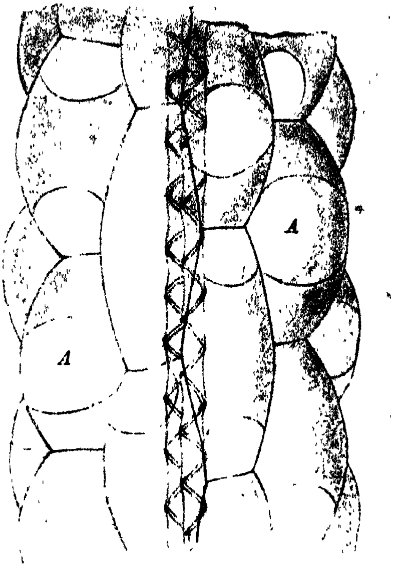
Fig. 6. Krystalle von Anilincrocetin.

Fig. 7. Krystallschollen und Nadelbuschel von Crocin aus alkoholischer Lösung durch Äther gefällt.

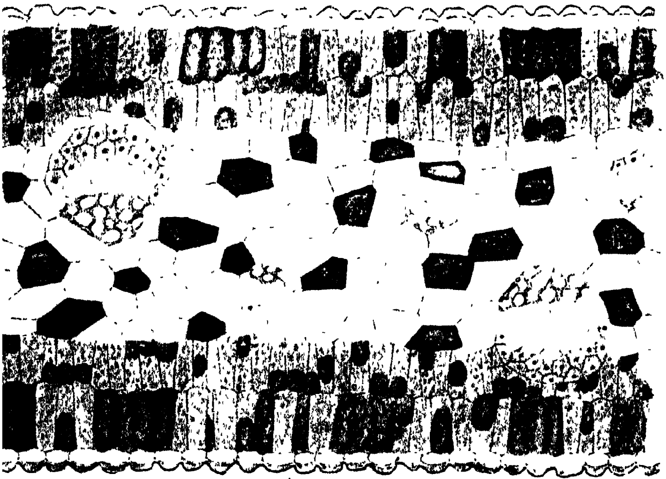
Dr. Gustav Klein.: Studien über das Anthochlor.



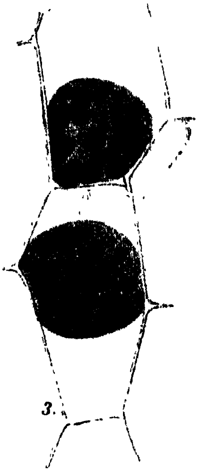
2.



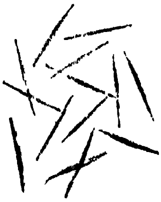
1.



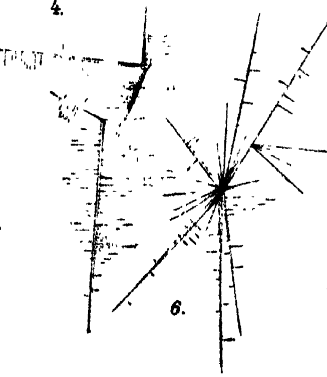
4.



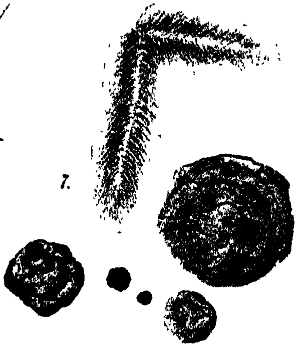
3.



5.



6.



7.

Akademie der Wissenschaften in Wien
Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Sitzungsberichte

Abteilung I

Mineralogie, Krystallographie, Botanik, Physiologie der Pflanzen, Zoologie, Paläontologie, Geologie, Physische Geographie und Reisen

130. Band. 8. und 9. Heft

Das Grazer Hügelland. Ein Überblick über seine geomorphologische Entwicklung

Von

Johann Sölch

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. Juni 1921)

Das Gesichtsfeld von Graz wird im W durch einen NS streichenden, langgestreckten Höhenzug begrenzt. Ziemlich schroff zum Murtale abfallend und größtenteils bewaldet, erreicht er, unter dem Namen Plabutsch gegen sein Nordende hin allmählich ansteigend, im Fürstenstand (früher Bauernkogel geheißen) 764 *m*. Ungefähr in der Mitte wird er durch zwei tiefere Sättel unterbrochen, den Thaler Sattel (»Beim Hergott auf der Wies«, 528 *m*) und den Wetzelsdorfer Paß (fast 500 *m*).[1] Zwischen ihnen erhebt sich mit prächtiger Kogelform der Kollerberg (630 *m*). N vom Thaler Paß stellt der Gaisberg (646, beziehungsweise 652 *m*) die Verbindung mit dem Plabutsch her, ist aber von dessen südlichem Teile, dem Mühlberg, noch durch einen flachen Sattel (622 *m*) geschieden. S vom Wetzelsdorfer Paß hinwiederum gewinnt der Kamm nicht sofort wieder die gleiche Höhe wie im N, sondern erst in 2 *km* Entfernung steigt er im (Grazer) Buchkogel noch einmal auf 659 *m* empor. Buchkogel und Plabutsch sind also die beiden etwas erhöhten Enden des Zuges. Nach ihnen bezeichnen wir ihn als den Plabutsch-Buchkogelzug. Von beiden genießt man eine prächtige Rundsicht über die mittlere Steiermark. Sie soll uns mit der allgemeinen Oberflächenformung der Grazer Landschaft vertraut machen.

Diese stellt sich uns als ein Hügel- und Plattenland dar, ausgebreitet zu beiden Seiten des Kammes, auf dem wir stehen, und umschlossen im weiten Halbrund von NO über N und W bis gegen S vom Steirischen Randgebirge.[1] Seiner Formung nach ist das Hügelland eine Einheit, soweit das Auge absehen kann: von dem gut ausgeprägten Abfall der Rahmenerhebung angefangen bis zur Wasserscheide zwischen Raab und Mur im O und, wie man sich leicht überzeugen kann, über diese hinaus bis gegen die ungarische Grenze hin. Wir nennen den westlichen Teil das Grazer Hügelland und ordnen ihm das Oststeirische Hügelland östlich der Raab bei. Deren Tal eignet sich hier verhältnismäßig gut zur Abgrenzung zweier Erhebungsgruppen. Denn als ein breites, hellgrünes Band bietet es sich dem Blick des Beschauers dar, der z. B. vom Schöckel her, jener weitesten Auslug gewährenden Landmarke der Grazer Kalkberge, in die Niederung hinabblickt. Die Hügelwellen beiderseits sind reicher an Farben: dunkelgrüne bis schwärzliche Waldbestände, hellgrüne Wiesen, gelbe Felder, weißschimmernde Häuser und Gehöfte, rote Dächer, all dies mischt sich in der schönen Jahreszeit zu einem bunten Mosaik durcheinander; und selbst im Winter, wenn Schnee die Landschaft zudeckt, herrscht in ihrem Bereich mehr Abwechslung der Eindrücke als in der breiten Aue des Raabtales, die dann als weißer Streifen die düster dreinschauenden Waldhügelwellen durchzieht.

---

[1] Die Namen für die beiden Pässe führe ich der Kürze halber ein. Schreibung Thal nach der Spez.-Karte 1 : 75.000. Deren Blätter (zumal 17. XII. Köflach-Voitsberg und 17. XIII. Graz) sowie die einschlägigen Blätter der Orig.-Aufn. 1 : 25.000 sind in der Folge fortlaufend zu vergleichen.

Eine ähnliche solche Tiefenlinie wie die Raab im O schuf die Kainach im W. Sie wählen wir zur Westgrenze des Hügellandes von Graz, bemerken aber gleich, daß sich ganz ähnliche Formen auch südlich vom Kainachtal fortsetzen bis in den Bereich der Sulm und Saggau. Dieser südwestliche Teil sei nach dem ziemlich in der Mitte gelegenen und in der Geologie des Gebietes schon längst bekannten Marktflecken das Florianer Hügelland genannt. Östlich der Mur streicht keine gleichwertige Furche durch die Plattenzüge. Eine Südgrenze ist hier infolgedessen nur schwer zu ziehen; aber am ehesten noch kommt wohl dafür das Stiefingtal in Betracht. Denn es mündet fast gleichzeitig mit dem Kainachtal in das Murtal aus, während sich sein Quellgebiet verzahnt mit dem letzten durch seine Richtung (gegen ONO) noch für die Abgrenzung verwendbaren Seitental der Raab, dem Laßnitztal. Das Stiefingtal ist ferner in der Gegend das erste unter den linken Seitentälern der Mur, das nach S gestreckt ist. Gegen O folgt dann deren eine ganze Reihe. »Deutsches Grabenland« heißt die Landschaft im Gegensatz zu den Windischen Büheln südlich der Mur. Grazer und Florianer Hügelland, Windische Bühel, Deutsches Grabenland und Oststeirisches Hügelland machen in ihrer Gesamtheit das Hügelland des Mittelsteirischen Beckens aus.[2]

---

[1] Diesen Namen hat, wenn ich mich recht erinnere, Penck gelegentlich in einer Vorlesung gebraucht. In die Literatur eingeführt ist er seit meinem »Beitrag zur Geomorphologie des Steir. R.«, Vh. 18. D. G. T. Innsbruck 1912, p. 218.

[2] N. Krebs (Länderkunde der österr. Alpen. Stuttg. 1913) spricht (p. 379) von Mittel- oder Oststeiermark und nennt das ganze Hügelland innerhalb des Rand-

Im folgenden befassen wir uns im allgemeinen mit der Formung nur des Grazer Hügellandes. Doch werden wir wiederholt auch in die angrenzenden Landschaften blicken müssen, um zu besserem Verständnis des Gesamtgebietes zu gelangen.

Das Mittelsteirische Becken ist ein buchtartiger Ausläufer der großen Pannonischen Niederung, ein Senkenraum neben einem Gebirgshochland. Das Alter der Senke reicht jedenfalls weit in der Erdgeschichte zurück. Denn schon in jungkretazischer Zeit bestand hier ein Aufschüttungsgebiet, in welches das benachbarte, schon vorgebildete Randgebirge seine Zerstörungsstoffe hineinwerfen ließ. In der Folge an jüngeren, aber sicher noch vormiozänen Brüchen versenkt, blieben große Teile der damals abgelagerten Schotter und Sande, Tone, Mergel und Kalke als »Kainacher Gosau« bis auf den heutigen Tag erhalten.[1] Aus dem Alttertiär sind dagegen bisher innerhalb des Mittelsteirischen Beckens nirgends irgendwelche Gebilde nachgewiesen worden. Auch dem Randgebirge fehlen sie völlig, ausgenommen dessen letzte Ausläufer im NO und S: hier sind im Poßruck spärlichste Eozänspuren festgestellt worden,[2] dort ermittelte man solche ebenfalls nur in ziemlich unbedeutenden Resten bei Kirchberg am Wechsel.[3] Es ist unwahrscheinlich, daß das Randgebirge ehemals unter einer auch nur unbedeutenden Decke von Sedimenten begraben gewesen wäre. Irgendwelche Anzeichen hätte die fortgesetzte geologische Durchforschung der jüngsten Zeit sonst unbedingt auffinden müssen. Das Randgebirge war vielmehr durch die ganze ältere Tertiärperiode hindurch Zerstörungsland. Erst viel weiter im O und S lag das dazugehörige Auftragsgebiet. Allein auch der Bereich des heutigen Mittelsteirischen Beckens war damals, im Alttertiär, anscheinend der Abtragung preisgegeben; denn nirgends haben sich vorläufig in ihm zwischen den krystallinen und paläozoischen Gesteinen seines Untergrundes und den jungtertiären Einschüttungen paläogene Ablagerungen ermitteln lassen, weder in den natürlichen

---

gebirgsrahmens das »Oststeirische Hügelland«. Aber wir sehen keinen Anlaß, von der Gepflogenheit der einheimischen Bevölkerung abzugehen, für die über die Begriffe West- und Oststeiermark die Lage der Hauptstadt Graz entscheidet. Voitsberg z. B. ins Oststeirische Hügelland versetzt zu sehen, ist von diesem Standpunkt aus unerträglich.

[1] Schmidt W., Die Kreidebildungen der Kainach. J. Geol. R. A. Wien, 1911.

[2] R. Jaeger fand im ältermiozänen Eibiswalder Konglomerat bei Leutschach (Hoheneck am Montehügel) Gerölle mit Nummuliten. Sie dürften aus der nächsten Nähe stammen. Über ein Eozängerölle in den Miozänschichten usw. Vh. Geol. R. A. Wien, 1913. Vgl. auch ders., Foraminiferen usw., ebd. 1914.

[3] Vgl., abgesehen von den älteren Mitteilungen F. Toulas im J. Geol. R. A. Wien, 1879, vor allem H. Mohr, Zur Tektonik der Grauwackenzone zwischen Schneeberg und Wechsel in Niederösterreich. M. Geol. Ges. Wien, 1910, p. 201 ff.

Auslässen der Talgehänge noch aus Bohrproben noch in den Auswürfen der jüngeren oststeirischen Vulkane um Gleichenberg.

Mit Beginn des Miozäns treten wesentliche Veränderungen ein. Der Ablagerungsraum der Pannonischen Niederung vergrößert sich auf Kosten des Abtragungsraumes beträchtlich gegen W: Das Mittelsteirische Becken wird ihm angegliedert. Die Ursache hiefür waren tektonische Vorgänge, wobei Brüche entstanden. Ob an ihnen das Mittelsteirische Becken in die Tiefe sank oder das Randgebirge emporstieg oder ob beide Vorgänge neben- und miteinander wirkten, bleibe zunächst noch unentschieden.[1] Für jetzt genügt es, die Tatsache zu betonen, daß bereits damals der Abfall des Randgebirges nach Umriß und Aufriß im wesentlichen in seiner heutigen Form festgelegt wurde und von nun an die heutige Mittelsteiermark, aus einer in Zertalung begriffenen Berglandschaft umgewandelt in eine bald der Zuschüttung, bald sogar der Überflutung durch das Meer verfallene Senke, in eine höchst wechselvolle Geschichte eintrat. Sie ist keineswegs mehr leicht aus den Formen und dem Aufbau des Bodens zu entziffern.

Der Abfall des Randgebirges ist als eine Stufe entwickelt, die sich besonders scharf, nämlich unvermittelter, höher und steiler, über das Florianer und den innersten Winkel des westlichen Grazer Hügellandes erhebt, weniger hoch und mehr allmählich über das selbst so mannigfach abgestufte Hügelland östlich der Mur, das mehrfach selbst bis zur Höhe einer breiteren, simsartigen Vorstufe des Gebirges heranreicht. Er macht einen ganz jugendlichen Eindruck. Auf längere Strecken hin ist er nur von kürzeren, tief eingerissenen, schluchtartigen Gräben zerschnitten, die sich mit steilem Gefälle zum Vorlande hinaussenken. Kleinere und selbst größere Stufen, über welche die Wässer und Wässerlein in Form von Kaskaden und höheren Wasserfällen herabstürzen, sind in ihnen nichts Seltenes. Nur wenig gegliederte Fazetten kehrt der Abfall zwischen den Ausmündungen dieser Schmalkerben gegen das Vorland. Am besten sind solche Erscheinungen dort zu sehen, wo Kalkberge dessen unmittelbare Umrahmung bilden. Ja selbst größere Flußläufe, wie Raab und Weizbach, haben zwar ihr Bett tief in den Abfall eingefressen, aber ihre Durchgangsschluchten trotz aller Kraft noch nicht zu flacherhängigen Sohlentälern verbreitern können. Vollends im W und SW haben sich auch die im Innern des Randgebirges wurzelnden Flüsse bisher nur enge, steilwandige Täler geschaffen, sohlenlos oder höchstens örtlich schmalsohlig, so die beiden Laßnitz, die beiden Sulm, aber auch weiter nördlich die Bäche der Gegend von Voitsberg.[2] Eigentlich macht hier im weiten Bogen des Mittelsteirischen Beckens bloß ein einziger Fluß eine Ausnahme, die Mur.[1] Sie allein durchbricht das Randgebirge seiner ganzen Breite nach in einem wirklichen Sohlental; indes auch dieses verengt sich dort, wo es von trotzigerem Gestein übersetzt wird, zu schmalen Einschnitten. Also bloß der größte der Flüsse ist in der Talbildung soweit fortgeschritten, daß seine Ausmündung als breitere Pforte erscheint. Aber wenn nicht alles trügt, sind an deren Entstehung letzten Endes doch auch wieder tektonische Kräfte mitbeteiligt gewesen: die Buchten von Rain und Gratkorn sind Ausläufer des Mittelsteirischen Beckens, die spitzwinkelig den Umriß des Abfalls zähnen, ganz ähnlich wie ihn im Bereiche der Feistritz und der Pöllauer Safen Buchten gliedern, die, mit größerer Breite gegen die Niederung geöffnet und noch erfüllt von deren Gehügel, gebirgswärts in schmälere Spitzen auslaufen.

---

[1] Wir halten es für das Wahrscheinlichste, daß beide Arten von Bewegungen miteinander eng verbunden waren. Vgl. u. p. 276.

[2] Vgl. Sölch J., Beiträge zur eiszeitlichen Talgeschichte des Steirischen Randgebirges. Forsch. deutsch. L. Vk. XXI. 4. 1917, p. 464.

Im ganzen genommen, weist demnach der Abfall des Randgebirges gegen das Mittelsteirische Becken entschieden jugendliche Züge auf. Das ist um so merkwürdiger, wenn er wirklich, wenigstens in seiner ersten Anlage, altmiozän, also verhältnismäßig alt ist. Es gilt somit erstens diese Behauptung zu erweisen und zweitens jene Tatsache zu erklären.

Den unteren Teil der Becken-, beziehungsweise Buchtenfüllung bilden vor allem Schiefertone, bläuliche oder grünliche Tegel, die stellenweise sandig sind oder überhaupt von Sanden vertreten werden. Nur örtlich verbinden sich mit ihnen Süßwasserkalke und Kalkmergel aufs engste. Wirtschaftlich wertvoll und geologisch bedeutsam werden aber alle diese einem einheitlichen Ablagerungsverband angehörigen Absätze durch die Einschaltung von Braunkohlenflözen. Eben deren Untersuchung hat ja das meiste zur Altersbestimmung des ganzen Gebildes beigetragen. Innerhalb des Grazer Hügellandes sind zwei Vorkommnisse vor allen anderen wichtig, einmal das von Voitsberg-Köflach-Lankowitz und zweitens das (schon viel kleinere) von Rein-Hörgas. Jenes lieferte eine ziemlich beträchtliche Anzahl von Säugerresten, nach denen seine Entstehung bis ins untere Mittelmiozän, wenn nicht überhaupt ins Untermiozän zurückreichen würde; die Süßwasserkalke von Rein hingegen eine Konchylienfauna, die im allgemeinen, wenngleich unter den Fachmännern noch Meinungsverschiedenheiten bestehen, ebenfalls auf älteres Miozän hinweist.[2] Unseres Erachtens dürften nämlich doch diejenigen Recht behalten, die, wie in neuerer Zeit Hilber und Dreger, allen den kohleführenden Schichten am Außensaum des Randgebirges von Eibiswald-Wies angefangen bis hinüber an dessen Nordostende gleiches Alter zuschreiben möchten.

---

[1] Weiter im Süden zeigt selbst das Tal der Drau ein auffallend jugendliches Gepräge.

[2] Über das Alter der steirischen Braunkohlen vgl. besonders Hilber V., Das Tertiärgebiet um Graz, Köflach und Gleisdorf. J. Geol. R. A., Wien, 1893; ders., Das Alter der steirischen Braunkohlen. M. Geol. Ges., Wien, 1908; sowie Hoernes R., Bau und Bild der Ebenen Österreichs. Wien u. Leipzig, 1903, p. 950ff. usw.; zuletzt Granigg B., Mitteilungen über die steiermärkischen Kohlenvorkommen am Ostfuß der Alpen. Öst. Z. Berg. Hüttwes., 1910.

Die Ablagerungen jener fernen Zeit sind in der Folge keinen lebhafteren, stärkeren Störungen unterworfen worden; schwächere haben freilich nicht gänzlich gefehlt. Beachtenswert ist es in dieser Hinsicht auch, daß sich die Ablagerungen in der Richtung gegen die Niederung zu allmählich senken und dabei überdies auffallend mächtig werden. Die Süßwasserkalke unfern dem Rande des Gebirges reichen nämlich bis zu 500 *m* Meereshöhe empor, weiter im S gleichalterige Tegel nur mehr auf 400 bis 450 *m*; an der Westseite des Plabutsch-Buchkogelzuges stehen solche in etwa 400 *m* Höhe an, weiter südlich oberhalb Doblbad in 350 bis 360 *m*. In dieser Gegend erwies ein 345 *m* tiefes Bohrloch eine erstaunliche Mächtigkeit des Gebildes;[1] ein anderes ergab unter einer 57 *m* mächtigen Schotterschicht eine 175 *m* mächtige Auftragung von Tonen, darunter 4·8 *m* mächtige Kohle und dann nochmals Tone.[2] Hier reichen die älteren Tegel und Tone also nicht mehr an die heutige Oberfläche empor. Doch dürfte dies nicht ausschließlich auf Absenkungen, die zum Teil noch während des Absatzes, zum Teil später eintraten, zurückzuführen sein. Denn auch in diesen südlicheren Strichen steigen gleichalterige Ablagerungen — am Holzberg östlich in bezeichnender Verbindung mit Kalken — wieder auf 480 *m*, ja sogar auf mehr als 500 *m* empor. Diese Ungleichmäßigkeiten möchten wir zum Teil auf spätere Landzerstörung, verursacht durch Zertalungsvorgänge, zurückführen.

Wenn nun aber diese ältermiozänen Absätze auch am Gebirgsrand keine Spuren stärkerer tektonischer Einwirkung zeigen, keine größeren Verwürfe, keine Aufrichtungen, keine Faltungen, so liegen sie offenbar auch heute noch so, wie sie einstmals gebildet wurden, ferngelagert an den Gebirgsabfall, eingreifend in einzelne Buchten desselben, die erst kurz vorher entstanden waren. An den Beginn des Miozäns ist somit dessen Entstehung zu stellen. Die Veränderungen, die ihn später noch trafen, bestanden nicht so sehr in örtlichen tektonischen Umgestaltungen, als vielmehr in weiträumigen Verkrümmungen. Speziell als Einmuldungen kamen solche auch im Bereiche des Beckens zur Erscheinung.

Die Ablagerungen selbst sind Süßwasserschichten. Sie können sich nur in seichten stehenden Gewässern gebildet haben. An langsam fließende Gewässer zu denken, ist hier wohl von vornherein ausgeschlossen, angesichts des Steilabfalls des Gebirges, dessen Wasserläufe im Gegenteil gröberes Material in die Niederung hätten hineinschütten müssen. Nur in einem Süßwassersee also können sich die Tegel und Kalke abgesetzt haben und sein Spiegel mußte wenigstens zu der Zeit, wo sich deren oberste Lagen niederschlugen, in mehr als 500 *m* Höhe liegen. In dieser Höhe haben wir heute nirgends mehr einen Gegendamm in der Nachbarschaft. Allein auch die Buchten am Saume des Randgebirges waren bereits breit geöffnet und verbunden mit dem Hauptteil des Mittelsteirischen Beckens, das seinerseits schon damals ein Ausläufer der Pannonischen Niederung war. Mögen auch die Auslässe aus jenen Buchtwinkeln in das eigentliche Becken durch spätere Senkungsvorgänge noch erweitert worden sein, so ist doch schon für jene frühe Zeit ein zusammenhängender Spiegel innerhalb des ganzen Beckens das Wahrscheinlichste. Jedenfalls unterbrachen keine Felsschwellen lückenlos den Austausch der Gewässer; möglich nur, daß Teile der Buchten durch Sand- oder Kiesbänke abgeschnürt waren von dem Hauptsee.

---

[1] Granigg, a. a. O., p. 48.

[2] Hilber, Tertiärgebiet, p. 313.

Dort, wo Täler mit lebhaft strömenden, einen Abfall zerschneidenden Flüssen ein Vorland erreichen oder in einen See münden, ist Aufschüttung die Regel, sei es in der Form trockener Schotterkegel oder Schotterfächer, sei es in der Form von Deltas. Man ist überrascht, längs des weststeirischen Beckenrandes so wenig davon wahrzunehmen. Aber wo sie sich finden, sind sie als Blockschotter entwickelt, deren Gerölle wiederholt ganz unglaubliche Größe erreichen, vereinzelt selbst die kleiner Häuschen, häufiger Durchmesser von 1 bis 2 *m* in der Länge, 0·5 bis 1 *m* in der Breite, 0·3—0·5 *m* in der Höhe. Vielleicht am großartigsten ist dieses Blockphänomen in der Eibiswalder Bucht und nordwärts von ihr bis in die Gegend von Deutsch-Landsberg, natürlich nicht ununterbrochen. Aber eine größere Lücke zeigt doch erst der Saum auf der Linie Deutsch-Landsberg—Ligist—Köflach und von hier weiter gegen NO. In der Bucht von Gratkorn trifft man dagegen neuerdings auf grobe Gerölle. Dann vermißt man sie auf der ganzen Strecke bis Hartberg, ja Friedberg, wo das sogenannte »Sinnersdorfer Konglomerat« ein prächtiges Gegenstück zu den Eibiswalder »Radlkonglomeraten« ist.[1] Allein damit ist die Verbreitung der Blockschotter noch nicht erschöpft: an der Westseite des Kulm, gegen Weiz hin, liegen solche vor der breiten Öffnung des Feistritztales in großer Tiefe, versenkt unter eine mächtige Decke jüngerer Ablagerungen.[2] So schrumpft bei genauerer Betrachtung der Raum, wo fluviale Einschüttungen aus jener Zeit am Beckenrand fehlen, doch recht erheblich zusammen, und wir haben tatsächlich vor den Austrittsstellen der Hauptflüsse fast immer deutliche Auftragsgebiete. Wenn aber solche Ablagerungen in anderen Gegenden, wo man sie erwarten sollte, wirklich fehlen, so sind verschiedene Erklärungen möglich: entweder können sie in die Tiefe versunken sein, ähnlich wie vor dem Feistritztal, wo ja erst neuere Bohrversuche auf Braunkohlen ihr Vorhandensein erwiesen, oder sie können späterer Ausräumung zum Opfer gefallen sein, wie ja sicher in der Gratkorner Bucht die ursprünglichen Bestände stark vermindert worden sind; oder endlich, es ist dortselbst in der Tat damals nicht abgelagert worden. Das scheint zwischen der Laßnitz und Gratkorn der Fall gewesen zu sein und dann wieder am Gebirgsfuße nordöstlich von Graz. Hier ist ja die Talvertiefung auch heute noch weit zurück; auch dort ist der Abfall verhältnismäßig wenig zerschnitten, größere Schotterkegel sind also nicht zu erwarten. Am ehesten würde man der Kainach und ihren Zuflüssen in der Köflach-Voitsberger Bucht lebhaftere Tiefennagung im Gebirge und dementsprechend stärkere Aufschüttung an dessen Saume zutrauen. Daß diese gleichwohl fehlt, dafür wüßten wir vorderhand kaum eine andere Erklärung als die, daß damals die Flußläufe in der westlichen Mittelsteiermark zum Teil anders gerichtet waren als heute. Wer weiß, ob speziell die Gegend der heutigen Bucht von Köflach von größeren Flüssen erreicht wurde. Kleinere Bachläufe aber stürzten über den Abfall, als er sich gerade erst frisch gebildet hatte, vermutlich in Wasserfällen herab, zumal, wenn er sich rasch, vollends, wenn er sich plötzlich entwickelte. Oben hinwiederum flossen sie bis an den Rand der Stufe in ihren alten, breiten Tälern heran, ohne in diese einzuschneiden; dort konnten sie sich folglich auch nicht mit Geröllen beladen, ebensowenig wie beim Sturz über die obere Abfallskante. Deshalb fehlt es vor ihren Ausmündungen in die Bucht an größeren, gut erkennbaren Geröllablagerungen.

---

[1] Auch über dieses hat sich, abgesehen von den älteren Mitteilungen Hofmann's und Hilber's, besonders H. Mohr eingehend geäußert. Vgl. dessen ersten Bericht über die Verfolgung der geol. Aufschlüsse längs der neuen Wechselbahn, insbesondere im Großen Hartbergtunnel. Anz. Ak. Wiss. Wien, 1909, p. 391 ff.

[2] Vgl. die bemerkenswerte Angabe bei Granigg, a. a. O., p. 51: In der Mitte der Mulde zwischen Raasberg und (Weizer) Kulm wurde in nicht ganz 440 *m* Mh. ein Bohrloch abgestoßen. In einer Bohrtiefe von 306 bis 363·4 *m* wechselten Lettenlagen mit Glimmerschiefergeröllen, die bis zu 2 *m* Durchmesser erreichten, sicheren Grundgebirgsschottern. Ebenso wechselten in einem 366·5 *m* tiefen Bohrloch bei Etzersdorf von 209 bis 366·5 *m* Bt. wiederum die Glimmerschieferschotter mit einem

Wo die Beschaffenheit des Gesteins der Verkittung günstig war, haben sich Kittschuttmassen gebildet und bis auf den heutigen Tag erhalten, so besonders die »Breccie von Rein«, die einst als Schutthalde am Hang von Kalken und Kalkschiefern emporwuchs.[1] Kalkwände lieferten auch an anderen Stellen nicht bloß reicheren, festeren Schutt, sondern auch das bindende Mittel. Am Fuße kristalliner Hänge sind die alten Schutthalden viel schwerer zu erkennen und überhaupt, da sie nicht verkittet wurden, später durch

---

lehmigen Bindemittel. A. Winkler hat diese Tatsache weder in seinen so wertvollen und anregenden Studien »Über die jungtertiäre Sedimentation und Tektonik am Ostrande der Zentralalpen«, M. Geol. Ges. Wien, 1914, p. 256ff., noch in seinen »Untersuchungen zur Geologie und Paläontologie des steirischen Tertiärs«, J. Geol. R. A. 1913, erwähnt.

[1] Über die Breccie von Rein vgl. neben den älteren Angaben von Peters, Stur u. a. besonders Hilber, Tertiärgeb., p. 307.

Verwitterung, Abbröckeln, Abrutschen viel stärker zerstört worden. Seither haben sie seinerzeit entlang den Gebirgsabfall eine viel größere Verbreitung gehabt, als sich gegenwärtig noch nachweisen läßt.

So ergibt sich aus allen diesen Feststellungen die Richtigkeit unserer Behauptung, daß der Abfall des Gebirges in der Hauptsache schon ausgebildet war, als der ältermiozäne Seespiegel an ihn herantrat, in ihn eindrang.

Woher dann aber die Jugendlichkeit seiner Formen, seine gute Erhaltung? Sie ist nur verständlich unter der Voraussetzung, daß der Abfall während langer Abschnitte der seit dem älteren Miozän verstrichenen Zeit von keinerlei Zerstörungsvorgängen betroffen wurde, vor allem, daß die Erosionskraft der Flüsse erlahmt war. Wäre er seit damals ununterbrochen der Talbildung und ihren Auswirkungen preisgegeben gewesen, so hätte er sich bestimmt nicht so frisch erhalten, obwohl man auch dann noch keineswegs starke Talvertiefungen, Rückwärtsverlängerungen, Flußverebnungen erwarten dürfte. Davor muß schon der Vergleich mit den Abfällen anderer Gebirge warnen, die ungefähr gleich alt und gleich gebaut sind. Immerhin ist die Erhaltung der jugendlichen Formen ganz besonders in Zusammenhang zu bringen mit einer außerordentlich weitgehenden Verschüttung, durch welche die normale Zersägung des Abfalls für geraume Frist unterbrochen wurde. So umfänglich und mächtig war die Verschüttung, daß sie nicht bloß das Vorland, das inzwischen in den Bereich der Zerschneidung einbezogen worden war und ein Hügelrelief erhalten hatte, von neuem unter sich begrub, sondern auch langhin über den Rand des Abfalls empor- und in die Talmündungen hineinwuchs. Ausläufer des Gebirges, die sich zur Zeit des ältermiozänen Süßwassersees als Inseln über dessen Spiegel erhoben hatten, verschwanden nun unter einer dicken Schotterdecke, kaum daß z. B. der Plabutsch-Buchkogelzug mit seinem Haupte aus ihr herausschaute. Wir finden die mächtigsten Lagen dieser Schotterdecke einmal im westlichen Grazer Hügelland, dann östlich der Mur, angefangen von der Gratkorner Bucht hinab bis fast zur Südgrenze und hinüber zur Ostgrenze des östlichen Hügellandes. Hundertfältiger Beobachtung zeigt sie immer wieder ein ganz besonders auffälliges Merkmal: einen außerordentlichen Reichtum an Quarzschottern und zahlreiche Geschiebe eines schwarzen Kieselschiefers. Zu ihnen gesellt sich vorwiegend kristallinisches Material, das meistens stark verwittert ist; scheinbar ist es in den tieferen Schichten stärker vertreten als in den höheren. Kalke, selten über Faustgröße, gewöhnlich nur bis hühnereigroß, stellen sich zahlreicher nur um die Mur-Raab-Wasserscheide ein: sie entstammen hauptsächlich den Schöckelkalken der Grazer Kalkberge.[1]

[1] Über die Herkunft der Quarzschotter siehe unten. Das Herkunftsgebiet der Kieselschiefergerölle ist meines Wissens noch nicht ermittelt (vgl. p. 283, Anm.). Die

Dieses Schottergebilde nun stellt uns vor eine ganze Reihe inhaltsschwerer Fragen; die wichtigsten davon sind die nach den Ursachen seiner Entstehung und nach seinem Alter. In beiden Beziehungen gibt ihre Verbreitung nach Höhe und in der Situation bemerkenswerte Aufschlüsse. Dazu tritt die Feststellung ihres Ursprungsgebietes hilfreich, um die Bedingungen ihrer Aufschüttung, die Untersuchung ihrer und ihres Liegenden spärlichen Fauna, um ihr Alter zu ermitteln.

Die größten Schwierigkeiten, die Verbreitung der hiehergehörigen Schotter klarzulegen, sind erstens die Möglichkeit, ja die Wahrscheinlichkeit, daß andere, ältere Schotter im Untergrunde vorhanden sind, von gleicher Herkunftsstätte (wenigstens zum Teil) und ähnlichster Beschaffenheit, so daß eine Trennung der jüngeren von den älteren nahezu unmöglich wird; und zweitens die zahlreichen Rutschungen, die, ausgelöst durch die neuere Talbildung, Schottermassen aus höheren Lagen in tiefere versetzt haben, nicht bloß um wenige Meter, sondern manchmal im Verein mit Abspülung und Abgleitung um mehrere Hunderte von Metern. Ihre formenschaffende Bedeutung im einzelnen zu würdigen, wäre eine Aufgabe für sich. Hier nur soviel, daß infolge ihrer Wirksamkeit Schotterhüllen erst nachträglich Talgehänge aus anderen, älteren Schichten ummäntelt haben und uns dann eine tiefere, ursprüngliche Aufschüttung vortäuschen; und daß die Höhen durch sie stark zerstört und abgetragen worden sind. Eigentlich nur dort, wo sie über die Insel- oder Randberge aus Kalk gebreitet wurden, haben sich ihre obersten Lagen wenigstens annähernd noch in ihrer ursprünglichen Lage erhalten. Auf den Schieferbergen fehlen sie dagegen fast ganz.[1]

Anreicherung der Quarz- gegenüber den Kristallinschottern ist nur zum Teil ursprünglich (über ihre Ursache vgl. unten p. 276), zum Teil dagegen zu erklären aus der starken Verwitterung der Silikatgesteine. Da sie besonders in den oberen Lagen vor sich ging und vermutlich auch an der Ausbildung der lehmigen und sandigen, sehr ungleich mächtigen und ungleich verbreiteten Deckschichten beteiligt war, wird der Eindruck noch verstärkt, daß das kristalline Material in den unteren Teilen der Aufschüttungen überwiegt. Im übrigen dünkt uns dies gerade sehr wahrscheinlich, wenn man, wie wir es tun, die oberen und die unteren Schotter nicht allenthalben in die gleiche Aufschüttungsperiode versetzen.

[1] Daß die Schotter auf den Schieferbergen fehlen, ist ganz merkwürdig. Während z. B. die Flächen der Tanneben östlich Peggaus weithin mit ihnen überstreut sind und ihrer auch die Kalkberge der näheren Umgebung von Graz nicht ermangeln, sucht man sie auf dem langen, aus einem prächtig entwickelten Talbecken herausgeschnittenen Zuge des Hiening nahezu vergeblich; nur ganz vereinzelt beobachtete ich hier Quarzgerölle, und auch sie, bezeichnend genug, fast ausschließlich am Hang. Vermutlich sind sie von oben herabverfrachtet worden oder herabgestiegen. Seit den Zeiten ihrer Aufschüttung sind die Schiefergesteine doch viel stärker abgespült worden als die Kalkberge. Durch die Schotterdecke hindurch gelangte das atmosphärische Wasser bei ihnen auf undurchlässigen Grund, durchfeuchtete ihn und brachte ihn zu Abwärtsbewegungen von verschiedener Geschwindigkeit. Dadurch wurde den Schottern ihre Unterlage entzogen und sie wanderten an den neu sich ausbildenden, nach unten wachsenden Hängen abwärts. Bei Kalkunterlage dagegen geriet das eindringende Wasser auf durchlässigen Boden; dessen

Trotz alledem läßt sich doch einiges Bemerkenswerte mit Sicherheit sagen. Erstens, daß die jüngeren Schotter östlich der Mur ursprünglich nicht unter etwa 400 bis 450 *m* Meereshöhe abgelagert wurden und in ihrem Liegenden mit Vorliebe Sande weitverbreitet sind. Sande stehen auch sonst mit ihnen häufig durch Ein- und Wechsellagerungen in Verbindung, wobei sie gegen S und SO an Bedeutung zunehmen. Im übrigen ist östlich der Mur das Liegende der Schotter entweder unmittelbar das paläozoische Grundgestein oder es sind die Süßwasserschichten oder endlich auch Tegel und Lehme nachweisbar pontischen, seltener sarmatischen Alters. Die Schotter selbst können daher frühestens gleichfalls noch während des Pontikums abgelagert worden sein. Für Unterpliozän spricht auch die Fauna. Freilich wurde diese in noch sehr tiefen Horizonten gefunden. Eben deshalb ist es nicht ausgeschlossen, ja sogar wahrscheinlich, daß die höheren Schotterschichten erst während des mittleren Pliozäns aufgeschüttet wurden.[1] Denn die Gesamtmächtigkeit der Schottermasse betrug am Rand des Gebirges nördlich von Graz mindestens 400 *m*. Und das ist das Zweite. In geschlossenem Zusammenhang lassen sie sich hier allerdings kaum mehr bis zu 600 *m* Meereshöhe verfolgen, aber Schotterfetzen, sämtlich gleicher Art untereinander und gleicher Zusammensetzung wie die Hauptmasse, geleiten empor zu 700 *m* und Einzelvorkommnisse bis 800 *m*. Nichts nötigt dazu, diesen hochgelegenen und vereinzelten Schotterresten ein höheres Alter zuzuschreiben. Im Gegenteil: weiter westlich ist im N von Voitsberg der ursprüngliche Zusammenhang der niedrigeren Schotter

---

Zerstörung blieb weit geringer und damit auch die Abfuhr der hangenden Schotter. Aber gewisse Schwierigkeiten bleiben auch da noch bestehen. Vgl. Sölch J., Epigenetische Erosion und Denudation. Geol. Rdsch., IX., p. 173. Vielleicht sind bestimmte chemische Vorgänge ins Auge zu fassen, wie z. B. Cvijić gelegentlich in anderem Zusammenhange es tat. Entwicklungsgesch. des Eisernen Tors. P. M. Ergh. 160, 1908, p. 16.

[1] Wir sind leider diesbezüglich noch immer auf Vermutungen angewiesen. 1912 war ich, veranlaßt durch die Darlegungen von Bach (und ältere Beobachtungen von Peters), geneigt, die Grenze zwischen pontischen Tonen und Sanden und levantinischen Schottern scharfer zu ziehen. Speziell hatte Bach die Überreste eines Zahns von Mastodon (als Rest von *M. longir.* hatte ihn Peters seinerzeit erwähnt; meine Ausdrucksweise in Vh. D. G. T., Innsbruck, 1912, p. 132, sei damit klargestellt) *Mast. arvern.* zuweisen wollen und daran bestimmte Schlüsse über das Alter der Schotter und Sande in der Mittelsteiermark geknüpft. Allein seither hat Lóczy den Zahn neuerdings *Mast. long.* zugesprochen, Schlesinger einer Übergangsform zwischen *M. l.* und *M. a.* Ähnlich Hilber, der insbesondere betonte, daß gerade jene Schotter unmittelbar über dem Tunnel auch Reste von *Dinoth. gig.* und, wie man erst seit kurzem weiß, auch von *Acerath. incis.* enthalten. Darnach ist der Schotter der Raab-Mur-Wasserscheide, in dieser Höhe wenigstens, noch pontisch. Vgl. Hilber V., Baustufen, Paläolithikum- und Löß-Stellung. M. Geol. Ges. Wien, 1919, p. 199/200. Für die höheren Lagen, die heute nicht mehr vorhanden sind, aber einst vorhanden gewesen sein müssen (vgl. die hochgelegenen Schotter auf dem Gipfel des Wildoner Buchkogels und im Gleichenberger Vulkangebiet), möchte ich aber an einem jüngeren, also mittel- bis oberpliozänen Alter auch jetzt noch festhalten.

mit hochgelegenen (auch hier in fast 800 *m*) kaum unterbrochen. Ganz besonders aber spricht ein morphologischer Beweisgrund für die Zusammengehörigkeit aller dieser oberen Schotter: die Anlage des heutigen Talnetzes; es ist nur durch Epigenese erklärbar und diese setzt Aufschüttung bis zu einer Höhe von mehr als 700 *m* voraus.[1]

Westlich Graz macht sich an der Grenze gegen das Florianer Hügelland eine besondere Schwierigkeit bemerkbar. Sie eindeutig zu lösen, will solange ziemlich aussichtslos erscheinen, als Fossilfunde fehlen. Hier bietet sich uns eine Gelegenheit, kurz die Zustände unserer Landschaft in dem Zeitraum zwischen dem Ältermiozän und dem Pontikum zu beleuchten.

Nach den sorgfältigen Untersuchungen älteren und jüngeren Datums besteht das Florianer Hügelland hauptsächlich aus zwei Arten von Ablagerungen: im Liegenden aus brackischen und marinen Tegeln und feinen Sanden, die nur gegen das Gebirge hin gröber werden, und im Hangenden aus Kleinschottern, Kiesen und gröberen Sanden. Gesteine anderer Art, z. B. Mergel, treten ganz in den Hintergrund. Kalke stellen sich erst in einiger Entfernung vom Gebirgsrand ein, hier dann aber in ziemlicher Ausdehnung und Mächtigkeit. Ihr bedeutendstes Gebilde ist der Wildoner Buchkogel, von dessen Höhe sie mehr als 200 *m* aufbauen, dabei in ihm gipfelnd in 551 *m* H. ü. d. M. Es sind mittelmiozäne Leithakalke, angehörig der zweiten Mediterranstufe (dem Tortonien). Als äquivalente Bildungen sind nun die oberen Florianer Schichten, die Kiese und Sande, aufzufassen. Die unteren Florianer Schichten hinwiederum gehen anscheinend über in die Mergel- und Schlierschichten, welche im S und SO unter den Leithakalken hervorkommen und sich besonders am Aufbau der mittleren Windischen Bühel beteiligen.[2] Sie sind, obwohl sie zu den oberen Schichten ziemlich enge Beziehungen haben (das ist namentlich dort der Fall, wo sie gröber ausgebildet sind), doch deutlich älterer und andersartiger Entstehung: spätestens dem Grunder Horizont gleichzusetzen, wenn nicht noch in das eigentliche Untermiozän zu stellen. Sie sind daher ungefähr gleich alt mit den ältermiozänen Süßwasserschichten: deutlich glaubt man die Zunahme der Tiefe und des Salzgehaltes jenes Gewässers zu erkennen, dessen Wellengang an den neu gebildeten Abfall schlug. Blockschotter am Saume des Gebirges, wo kräftigere Flüsse ausmünden, Schutthalden an den prallen Abfällen besonders der Kalkberge, Absätze von Süßwassertegeln und Sanden im Innern von Buchtwinkeln mit Zufuhr frischen

---

[1] Über die Epigenese vgl. Sölch, Epigen. Eros., und u.

[2] Vgl. Sölch J., Die Windischen Bühel. M. G. Ges., Wien, 1919, Sab. p. 16/7.

Wassers, Neigung hier zur Versumpfung und Vertorfung; wo das Meer breiter eindringen konnte, Absatz von Tegeln in schwach brackischem, seichterem Wasser, weiter draußen Niederschlag ähnlichen Materials in tieferem Wasser: dies alles läßt sich sehr gut zusammenbringen.

Nun wurde über die feineren unteren Schichten des Florianer Hügellandes gröberes, ja grobes Material gebreitet, das nur von fließendem Wasser herbeigeschleppt worden sein kann. Dies bedeutet, daß sich das Aufschüttungsgebiet der Festlandflüsse erheblich vergrößert hatte und meerwärts vorgerückt war. Zum größten Teil unter dem Seespiegel abgelagert, erheben sich heute die Schotter und Konglomerate aus jener Zeit zu Höhen von mehr als 600 *m*, sogar in ziemlicher Entfernung vom Gebirgsabfall. Selbst hier sind sie noch etwas von späteren tektonischen Bewegungen erfaßt worden, obwohl ihre Neigung in einem gewissen Ausmaße auch auf die ursprüngliche Deltastruktur zurückzuführen ist. Stärker waren jene aber weiter im S, in der Richtung gegen Ramschnigg- und Radelgebirge: in der Umgebung von Arnfels sind die Fallwinkel größer und zugleich auch nicht mehr so einheitlich orientiert wie nördlich davon, wo N- und NO-Fallen vorherrscht. Diese Schotterdecke aber steht in so engem Zusammenhang mit den Radelkonglomeraten, daß man sogar an ihre Gleichaltrigkeit denken konnte. Unseres Erachtens wäre jener nur etwa so zu verstehen, daß das Radelkonglomerat das Material für das vorlagernde Deltagebiet lieferte. Das Radelkonglomerat war bereits in Zerstörung begriffen, als sich die oberen Florianer Schichten bildeten: durch das Einsetzen einer Hebung war es nunmehr Zertalungsvorgängen überantwortet worden, während die Senkung des Vorlandes weiter fortschritt. Zeigen schon die liegenden Süßwasserbildungen und die brackischen Tegel und Mergel ganz erstaunliche Mächtigkeiten und trotzdem keine wesentlichen Verschiedenheiten in der Beschaffenheit ihrer unteren und oberen Partien (und das läßt sich nur bei einer lange fortdauernden, allmählichen Einkrümmung begreifen), so verrät die große Masse der Leithakalke, die sich nur in seichtem Wasser niedergeschlagen haben können, eine derartige Krustenbewegung mit untrüglicher Bestimmtheit. Eben daher die gewaltige Schotteranhäufung im S, eben daher auch das Einfallen der liegenden Mergel nordwärts.[1]

---

[1] Wie weit die Ansichten gerade hier noch auseinandergehen, zeigt uns schon folgendes: Hilber hält den Schlier für eine Entsprechung der Grunder Schichten und die Eibiswalder Schichten für älter; auf jenen lagern dann die Leithakalke, -schotter (-konglomerate) und -sande. Winkler hielt die Foraminiferenmergel (Hilbers Schlier) für älter und stellte die Konglomerate und Sande ursprünglich zur Grunder Stufe, später zur Leithastufe. Mit diesen vereinigte er auch die Blockschotter des Radel; die Eibiswalder Schichten versetzte er unter die Foraminiferenmergel. Dreger verknüpfte die Radelschichten mit gewissen Schottern der Arnfelser Gegend und hält sie für älter als die Eibiswalder Schichten, die wohl in die Grunder Stufe gehören. Ich selbst halte alle diese Bildungen für ungefähr gleich alt, zu den

Der auffälligste geologische Zug des Florianer Hügellandes ist wohl der, daß aus ihm sarmatische Ablagerungen[1] und jüngere pontischen und levantinischen Alters bis heute noch nicht nachgewiesen sind. Im westlichen Grazer Hügelland aber haben wir die großen pliozänen Aufschüttungen, und Überreste sarmatischer Kalke und Tegel, gebildet nahe dem Seespiegel, sind in der Thaler Bucht westlich von Graz bis heute erhalten geblieben; dagegen ließen sich nirgends Äquivalente der Leithakalke, -sande und -schotter sicher beobachten. Wir stünden also vor der eigenartigen Tatsache, daß das Kainachtal eine der wichtigsten geologischen Grenzen innerhalb des Mittelsteirischen Beckens darstellte: nördlich von ihm kein Mittelmiozän, aber Reste von Obermiozän (Sarmatikum) und reichliches Pliozän, südlich von ihm dagegen reichliches Mittelmiozän, wenig Sarmatikum und kein Pliozän. Wie soll man sich dies zusammenreimen? Wir sind jetzt vor der erwähnten besonderen Schwierigkeit angekommen. Prüfen wir die einzelnen Möglichkeiten, sie zu überwinden!

Die pontischen (und jüngerpliozänen) Schotter östlich von Graz reichen, wie bemerkt, im allgemeinen nicht unter 400 *m* herab. Dürfen wir dann aber tiefer gelegenen Schotter westlich von Graz für gleichaltrig ansehen? Vollends wachsen unsere Bedenken, wenn wir berücksichtigen, daß das Sarmatikum westlich von Graz merklich höher liegt als östlich der Mur, so daß hier sogar eine tektonische Einbiegung nicht ausgeschlossen ist. Andrerseits steigen die »Leithaschotter und -sande«, d. h. die oberen Florianer Schichten südlich der Kainach auf mehr als 400 *m* — noch heute — an. Was für eine Annahme ist dann weniger gekünstelt: Die unteren Schotterlagen des westlichen Grazer Hügellandes sind eben gar nicht pontisch, sondern Äquivalente der südlich des Kainachtales anschließenden Leithastufe; oder: zwischen Mur und Kainach läuft zwischen Leithaschottern im Westen, Kongerientegeln und sarmatischen Schichten östlich der Mur eine Einfüllung pliozäner Schotter spitz gegen S bis SSO aus. Aus solchen Erwägungen heraus habe ich schon 1912 die Schotter des Kaiserwaldes als »Leithaschotter« gedeutet und möchte auch heute noch an dieser Ansicht festhalten.[2]

Ansichten F. Rolles zurückkehrend, und möchte nur die höheren Schotter und Kalke in die Leithastufe verweisen. Die Radelkonglomerate keilen anscheinend sehr rasch im Untergrund der kohleführenden Schichten von Eibiswald aus (vgl. Radimsky V., Das Wieser Bergrevier. Klagenfurt, 1875) und diese gehen weiter hinaus zu alsbald in die Foraminiferenmergel, beziehungsweise Grunder Schichten über (vgl. meine Darlegungen in der Vers. D. Natf. Ärzte, Wien, 1913, an denen ich auch heute festhalten muß).

[1] Sie überschreiten nirgends die Mur.

[2] Trotz der Bedenken, die A. Aigner in seinen »Geomorphologischen Studien über die Alpen am Rande der Grazer Bucht«, J. Geol. R. A., 1916, p. 295 ff., gegen meine Auffassung (siehe diese in den Vh. 18. D. G. T. Innsbruck, 1912) erhebt. Aber Aigner bleibt die Erklärung für die Hauptatsache schuldig, die sich dann ergibt: die erwähnte Rolle der Kainachlinie. Auf die zum Teil recht fragwürdigen und in sich nicht widerspruchsfreien Einwände Aigners werde ich übrigens

Wo sich später die wirklich pliozänen Schotter unmittelbar auf die älteren legten, wird es allerdings so gut wie unmöglich, die Grenzfläche zwischen beiden auch nur örtlich zu ermitteln, geschweige denn, in ihrer ganzen Erstreckung zu verfolgen. Nur Fossilfunde (und selbst diesen dürfte keine absolute Beweiskraft zuerkannt werden) können einen Schimmer von Licht in das Dunkel dieser Frage bringen.

Andere Überlegungen sind unserer Annahme günstig, noch andere wenigstens nicht ungünstig. Die Verhältnisse am Weitendorfer Basalt gewähren keine Entscheidung, stehen aber jedenfalls nicht im Widerspruch mit ihr. Der Basalt hat nämlich eine Decke mariner Schiefertone, Äquivalente der unteren Florianer Schichten, bei seinem Aufsteigen emporgehoben, sie aber nicht durchbrochen, er tritt daher in keine unmittelbare Beziehung zu den Schottern.[1] Wichtiger ist vielleicht nur die Tatsache, daß hier überhaupt nördlich der Kainach doch noch Marinschichten mit Schottern im Hangenden anzutreffen sind: Damit ist eine Analogie zu dem Befunde jenseits der Kainach gegeben. Sie wird noch dadurch verstärkt, daß auch in die Hangendschotter des Basaltes lehmige Partien und Sandbänke eingelagert sind und man in diesen auch hier wieder Wellungen wahrnehmen kann, alles Dinge, die zum mindesten unserer Auffassung nicht zuwiderlaufen. Noch besser würde diese gestützt, wenn sich zeigen ließe, daß auch die Schotter noch mitgehoben oder angebrannt worden seien. Bewiesen freilich auch dann nicht; denn selbst Gleichzeitigkeit der Schotterablagerung mit dem Basaltausbruch wäre dann nicht völlig von der Hand zu weisen, während freilich eher noch sarmatisches Alter für ihn in Betracht käme, da sarmatische Schotter weiter im O und SO jenseits der Mur eine nicht geringe Rolle spielen.[2] Allein immer wieder führt mich zuletzt etwas zurück, die Annahme mediterranen Alters zu bevorzugen; jetzt wiederum die Wahrscheinlichkeit, daß jüngere Nachbrüche vielleicht noch sarmatischen, wahrscheinlich frühpontischen Alters ungefähr entlang dem heutigen Murtal eine höhere Scholle westlich der Mur von einer abgesenkten östlich

---

gelegentlich ausführlicher zurückkommen. Dagegen möchte ich auf den *Murex sublavatus*, den Stur seinerzeit (Geol. v. Steiermark, p. 634) aus dem Kaiserwald erwähnt hatte und an den ich a. a. O. nebenbei erinnerte, selbst nicht allzuviel Gewicht legen. Der Begriff »Kaiserwald« war vielleicht für Stur ein anderer. Im übrigen ist ja Sarmatikum in geringer Entfernung in der Tat nachgewiesen worden.

[1] Über den Weitendorfer Basalt vgl. die zum Teil recht widerstreitenden Meinungen von J. Dreger (Vh. Geol. R. A., Wien, 1902), H. Leitmeier (N. J. Min. Geol. Pal. BB. XXVII, 1919 u. M. natw. Ver. Stm., 1910), Ohnesorge (Vh. Geol. R. A., Wien, 1909), Hilber (Zbl. Min., 1905 u. N. J. Min. etc., 1908). Trotz mehrmaligen Besuches des bekannten Steinbruchs wage ich hier eine Entscheidung derzeit nicht zu treffen.

[2] Vgl. Fabian K., Das Miozänland zwischen Mur und Stiefing bei Graz. M. natw. Ver. Steierm., 1905, ferner die Arbeiten und Mitteilungen Hilbers und in neuester Zeit besonders A. Winklers.

scheidet.[1] Wir dürften dann die unteren Schotter des westlichen Grazer Hügellandes erst recht nicht als Äquivalente der sarmatischen Schotter im südöstlichen und im anschließenden deutschen Grabenland ansehen, sondern müßten hier ihre Entsprechungen in der Tiefe unter diesen suchen, gleichwie ja auch die Leithakalke hier unter ausgiebiger Verschüttung unten begraben liegen.[2]

Die Annahme einer Einkrümmung oder gar eines Einbruchs, die sich östlich vom Plabutsch-Buchkogelzug, vom Weitendorfer Basaltberg und vom Wildoner Buchkogel entwickelt hätte, hilft uns, einem sonst sehr berechtigten Einwand zu begegnen: Wenn wir uns scheuen, die Kainachlinie als Grenze zwischen zwei verschieden alten Schottergebilden zu betrachten, warum scheuen wir uns nicht, eine solche Grenze entlang dem Murtal zu suchen? Ist damit nicht bloß eine Verschiebung der Schwierigkeit erzielt? Abgesehen davon, daß wir ja in Wirklichkeit die Mur gar nicht als Grenze festlegen (denn wir schreiben der Schotterfüllung des westlichen Hügellandes keineswegs einheitliches Alter zu), sprechen im übrigen Höhenlage und Verbreitung der Schotterkomplexe zugunsten unserer Auffassung und gegen die andere; und eine stärkere Einbiegung östlich vom Plabutsch-Buchkogelzug erweisen jene Bohrungsergebnisse, wonach im Untergrunde des Grazer Feldes Sarmatikum erst etwa 150 *m* unter der heutigen Oberfläche (also in ungefähr 200 *m* Meereshöhe) anzustehen scheint. Auch weiter östlich reicht bei Weiz das Sarmatikum, bisweilen 100 bis 150 *m* mächtig, bis 200 *m* Meereshöhe hinab.[3] Hier liegen dann unter ihm die mächtigen Schotter älter- und mittelmiozänen Alters, die wir oben in eine Reihe mit den Eibiswalder Konglomeraten stellten.

Allein nunmehr müssen wir eine Einschränkung machen: Die oberen Partien sind vermutlich bereits oberes Mittelmiozän, beizuordnen der Leithastufe, jedoch nur schwer von den älteren zu trennen, genau so wie zwischen den Radelkonglomeraten und den Arnfelser Schottern enge Zusammenhänge bestehen. Hier, östlich der Raab, ist also die Folge ziemlich deutlich erkennbar: Mächtige älter- und mittelmiozäne Schotter unten, mächtige pliozäne Schotter oben, dazwischen bedeutende sarmatische und pontische Ablagerungen überwiegend feinerer Art. Im Untergrunde von Graz käme man unter den sarmatischen Mergeln aller Wahrscheinlichkeit nach gleichfalls in die mittelmiozänen Schotter. Westlich vom

---

[1] Auf die Bedeutung und den Verlauf solcher Brüche, beziehungsweise Abbiegungen hat neuerdings besonders A. Winkler aufmerksam gemacht und einschlägige Beobachtungen geliefert; aber schon lange vor ihm hat Hilber ähnliches erwogen.

[2] Vgl. u. a. die Auswürfe im Gleichenberger Vulkangebiet und seiner Nachbarschaft.

[3] Über Sarmatikum in der Weizer Gegend. Vgl. Granigg, a. a. O., weiter südlich Hilber, Tertiärgebiet.

Plabutsch-Buchkogelzug aber liegt alles, was sich schon vor dem jüngeren Einsinken abgelagert hatte, ein paar hundert Meter höher: das Sarmatikum in 440 bis 500 *m*, das Mediterran in 300 bis 350 *m*. Aber das Sarmatikum ist hier überhaupt schon viel schmächtiger gewesen, das Pontikum tritt gleichfalls zurück. Infolgedessen rücken die obere Grenze der unteren Schotter, die untere der oberen immer mehr zusammen, und wo das weichere Material jener Stufen ausgeräumt war, ehe sich die oberen Schotter niederschlugen, dort lagern beide Schotter unmittelbar übereinander. Vielleicht sind auch sarmatische und pontische Schotter aufgeschüttet worden; sie müßten sich dann, soweit sie erhalten blieben, zwischen die älteren und die jüngeren einschalten.[1] Obgleich auch das Bild des Entwicklungsganges dadurch noch verwickelter wird, so darf man trotzdem solche Möglichkeiten nicht aus dem Auge verlieren; denn es tut uns die Natur nicht den Gefallen, bloß Einfaches zu bieten.

Endlich aber: Wenn wir südlich der Kainach, im Florianer Hügelland, eine mittelmiozäne Einschüttung haben, seewärts abgeschlossen durch einen Kranz von Leithakalken, den man bei Wildon noch deutlich ostwärts umbiegen sieht, so muß ja doch irgendeine Entsprechung auch nördlich der Kainach vorhanden gewesen sein. Süßwassergebilde gleichen Alters als Äquivalente hier zu suchen, hätte keine Berechtigung. Wenn das Meer überhaupt hier eindrang, so kann es sich nur um Absätze von der Art der Leithasande und -schotter handeln. Wo und in welcher Höhe dann aber überhaupt der Strand des Leithameeres lag, wird sich kaum jemals so genau ermitteln lassen.[2] Östlich der Mur liegen nämlich, wie erwähnt, die Leithakalke und ihre Äquivalente weit unten in der Tiefe. Erst bei Hartberg findet man sie wieder, hier ufernah in einer Höhe von mehr als 400 *m*.[3] Im Wildoner Buchkogel dagegen erheben sie sich zu 550 *m*, und zwar obwohl sich während ihrer Bildung der Meeresgrund gesenkt haben muß. Vorausgesetzt, daß dort die Verkrümmung der Erdkruste mit dem Ende des Miozäns aufgehört hätte, müßte man den Seespiegel in rund 600 *m* Meereshöhe annehmen. Allein höher noch steigen die Arnfelser Schotter im Kreuzberg. Wir erhalten folglich für den Strand des Leithameeres im Süden sehr viel größere Höhen als im N und ganz das gleiche zeigen uns die ufernahen Bildungen des sarmatischen Meeres. Wir müssen daher mit einer späteren Schrägstellung entlang den ganzen Gebirgsrand rechnen. Annähernd ließe sich für die Gegend von Graz die Höhe der Uferlinie des Leithameeres zu rund 500 *m* Meereshöhe berechnen. Aber sie läßt sich nicht mehr beobachten, denn östlich von Graz, wo sie sich deutlicher ausprägte, ist der Gebirgsabfall weit über diese Höhe hinauf von jüngeren Gebilden verhüllt, westlich von Graz hingegen konnten sich im Hintergrunde der tief eingreifenden Bucht Strandmarken etwa in Gestalt von Brandungskerben kaum entwickeln, abgesehen davon, daß nach unserer Auffassung Flüsse ihre Schotter vortrugen und dem Meere ihrerseits verwehrten, seine Wirksamkeit zu entfalten.

---

[1] Hinweise auf die Verschiedenheit im Alter der Schotter, siehe zumal in den Arbeiten von Hilber, Sölch, Winkler.

[2] Vgl. besonders Hilber, Über das Nordufer des Miozänmeeres bei Graz. M. Geol. Ges., Wien. 1913.

[3] Hilber, Das Tertiärgebiet von Hartberg. J. Geol. R. A., Wien 1894, p. 394.

Nun mußten wir dann allerdings erwarten, daß die Leithaschotter zwischen Mur und Kainach bis ungefähr 500 *m* hinaufreichen, während wir vorhin ihre obere Grenzfläche in rund 400 *m* annahmen. Aber diese Zahl bezog sich auf einen schon weit gegen S vorgeschobenen Teil, und war nur gewonnen aus der Höhe, bis zu der die Leithagebilde südlich der Kainach heute emporreichen. Wissen wir aber so sicher, daß das Florianer Hügelland von allem Anfang an nicht höher war, daß die Landzerstörung bloß das gegenwärtige Talnetz einfurchte, dagegen die wasserscheidenden Hügelzüge zwar kuppte und sattelte, aber nicht wesentlich abtrug?

Daß das Florianer Hügelland früher tatsächlich zu größerer Höhe emporreichte, wird erwiesen durch die Schotterreste auf dem Gipfel des Wildoner Buchkogels, in 550 *m*.[1] Von einem Flusse herbeigeschleppt, erfordern sie eine Frachtbahn quer über das heute viel niedriger bleibende Hügelland hinweg. Wenn sie, wie wir glauben, wirklich aus dem Westrahmen des Mittelsteirischen Beckens stammen, so muß — auch hier wieder vorausgesetzt, daß stärkere Krustenbewegungen sie nicht mehr trafen — der Fluß, der sie herbeischleppte, beim Austritt aus dem Gebirge in mindestens 600 bis 650 *m* Meereshöhe geflossen sein. Bis zu dieser Höhe mußte dort der Gebirgsabfall von der Beckenfüllung verhüllt sein. Und damit stehen wir auch hier, am Westrand des Florianer Hügellandes, vor jener wichtigen, wenn nicht der wichtigsten Ursache, warum er sich trotz seines verhältnismäßig hohen Alters noch immer so auffallend jugendliche Züge erhalten hat! Seine Zerschneidung und Ausgestaltung konnten ja stets nur so weit in die Tiefe heruntergehen, als er durch die Abtragung des Vorlandes aus seiner Hülle herausgeschält wurde, und in stärkerem Ausmaß überhaupt erst wirksam werden, als dieser Vorgang schon größere Fortschritte gemacht hatte. Wieviel Zeit mußte aber darüber verstreichen!

Seit der Ablagerung der Wildoner Höhenschotter ist also das Florianer Hügelland westlich davon um mindestens 150 *m* erniedrigt worden. Wann ist das geschehen? Abermals eine schwierige Frage! Wüßten wir das Alter der Wildoner Höhenschotter eindeutig geklärt, so wäre sie leichter zu beantworten. Aber diese liegen so vereinsamt, so ohne jede Beziehung zu den Ablagerungen ringsum, daß es sich kaum jemals wird unmittelbar feststellen lassen. Nur mit gewissen Wahrscheinlichkeitsgründen läßt es sich vielleicht annähernd bestimmen. Erstens: zu einer Zeit, wo der Nordrand des Mittelsteirischen Beckens bis zu ungefähr 800 *m* verschüttet wurde, ja wo auch der Westrand bis herüber in die Gegend von Ligist noch bis zu dieser Höhe unter Schottern begraben war, mußte der Abfall des Gebirges auch weiter im S viel höher hinauf als heute von Aufschüttungen bedeckt sein. Wie könnte man es begreifen, daß die Nordhälfte des Mittelsteirischen Beckens von mehrere hundert Meter mächtigen Ablagerungen aufgefüllt wurde, die Südhälfte gar keine erhielt? Das wäre nur denkbar, wenn die Oberfläche der Südhälfte an und für sich höher gelegen, also z. B. nur sehr wenig abgetragen oder wenn sie höher gehoben gewesen wäre; und selbst dann wäre eine so scharfe Grenze zwischen beiden Räumen nicht recht verständlich, man müßte einen Übergangsgürtel erwarten. Allein dafür, daß die Landschaft im S damals soviel höher lag, dafür sind Anhaltspunkte nicht vorhanden. Es haben daher wohl den pliozänen oberen Schottern im N auch Aufschüttungen weiter im S entsprochen; nur brauchten sie hier nicht mehr so hoch hinaufzureichen. Im Gegenteil, bei ihnen derartige Höhen anzutreffen wie im N, würde überraschen, denn hier stammte weitaus der größte Teil der Auffüllung von der Mur: sie hat zuerst einen Deltakegel in das Meer hinausgebaut und darüber dann ihren Schotterfächer vorgeschoben, immer weiter und weiter, je mehr sich der pliozäne See der Pannonischen Niederung zurückzog. Vor allem der Stau, den der von ihr mitgeführte Schutt ausübte, indem er sich vor die westlichsten Ausläufer des Mittelsteirischen Beckens legte, zwang auch die dort aus dem Gebirge heraustretenden Flüsse zur Auftragung.[1] Weiter im S machte er sich dagegen immer weniger bemerkbar und die Wasserläufe, deren Schotterführung selbst heute in der viel tieferen Lage beim Austritt in das Vorland keineswegs besonders reichlich ist, schütteten hier nicht so hoch auf wie weiter im N. Ganz dasselbe kann man erst recht östlich der Mur beobachten: die Schotter nehmen hier gegen S und SO an Mächtigkeit ab, ihre Gerölle werden kleiner und kleiner, Kiese und Sande gewinnen das Übergewicht. Gerade hier, östlich der Mur, sind aber pliozäne Schotter im Gleichenberger Vulkangebiete erhalten geblieben, in Höhen bis zu 500 *m* und noch darüber;[1] sie verraten, daß das Hügelland der Umgebung seither schon merklich tiefer gelegt worden ist, und wir brauchen uns nicht mehr darüber zu wundern, daß das Florianer Hügelland um 100 bis 150 *m* und mehr abgetragen wurde. Wir kommen darauf noch kurz zurück.

---

[1] Hilber erwähnte bereits 1878 (J. Geol. R. A., Wien, p. 554) »vereinzelte, aber nicht seltene Gneis- und Quarzgeschiebe« vom Wildoner Schloßberg, fügte aber ausdrücklich hinzu, daß auf dem Buchkogel nichts derartiges vorkomme. Ich habe jedoch im März 1915 auf dessen Gipfel etliche Gerölle von ganz der gleichen Art wie auf dem Schloßberg gefunden. Vgl. Sölch, Ungleichseitige Flußgebiete und Talquerschnitte. P. M. 1918, p. 254.

---

[1] Ich bin also noch sehr weit davon entfernt, die »Belvedereschotter« der Grazer Gegend ausschließlich auf ONO fließende Flüsse zurückzuführen, wie Hilber auf Grund einer weit weniger besagenden Äußerung von mir anzunehmen scheint. Baustufen usw., p. 299. Von den Gründen, die Hilber in derselben Abhandlung anführt, um meine Ansicht zu widerlegen, ist nur der erste stichhältig. (Ebd., p. 198f.) Allein 1912 waren die hochgelegenen Schotter der Köflacher Gegend weder ihm noch mir bekannt. Erst seither haben Aigner und ich unabhängig voneinander solche aufgefunden und davon Mitteilung gemacht. Dagegen bemerke ich zu 2, daß nur auf Karten ganz kleinen Maßstabes einzelne Flüsse in einer Ebene unmittelbar am Abfall eines Gebirges entlang zu fließen scheinen und daß zwar bei Köflach selbst der Alpenfuß noch NS streicht, aber nicht mehr auf der Linie Köflach-Gratwein, der Flußrichtung an Hilbers Beispiel, die, gegen ONO gestreckt, eben doch mit der Richtung des Abfalls zusammenfällt. Zu 3: Über die Quarze siehe unten. Zu 4: Über die Herkunftsstätte der Kieselschiefer ist allerdings nichts bekannt. Aber die einzige Angabe über anstehende Kieselschiefer bezieht sich jedenfalls auf das Murgebiet. Siehe Morlot A. v., Über die Gliederung der azoischen Abteilung des Übergangsgebirges im Murtal. Haid. Ber. III., 1848, p. 242/3, dessen

Der große Schotterfächer der Mur ist durch die Vorherrschaft der Quarzgerölle gekennzeichnet. Das hat unseres Erachtens zwei Hauptursachen. Erstens: Die Zersetzung und Zerstörung der anderen Gerölle, die weniger widerstandsfähig waren. Immer wieder kann man nämlich beobachten, wie die Quarze stets in den obersten, den Atmosphärilien jeweils am meisten ausgesetzten Schichten am stärksten angereichert sind. Hier sind zugleich wiederum Lehme weit verbreitet, vermutlich sehr oft aus der Zersetzung der anderen Gerölle hervorgegangen. Aber schon in geringer Tiefe ist das krystallinische Material reicher an der Schottergesellschaft beteiligt, und zwar, bezeichnend genug, sehr oft in der Form von Gesteinsleichen.[2] Solche trifft man jedoch, und zwar gerade im westlichen Hügelland, ganz besonders auch wiederum in verhältnismäßig tiefen Lagen an, eine Tatsache, die mir von Anfang an als ein Hauptgrund galt, diesen ein anderes, höheres Alter zuzuschreiben.[3] Zweitens: Die Aufschüttungen der Mur waren hier von Anfang an besonders reich an Quarzgeröllen. Dann, wie ich an anderer Stelle zeigen werde, entstammen sie in der Hauptsache den Schotterfüllungen der Norischen Beckenfurche, in denen gleichfalls krystallines Geröll und Quarze, aber in einem für das Krystallin weit günstigeren Verhältnis, gemischt sind. Bei der während des Pliozäns erfolgenden Ausräumung jener Becken waren die krystallinen Gerölle schon so stark verwittert, daß ihre Verfrachtung selbst

---

Angabe hiermit jedenfalls der Vergessenheit entrissen und zur Nachprüfung empfohlen werden soll. Die petrographische Verschiedenheit zwischen den Geschieben der heutigen Mur und denen des Belvedereschotters könnte nur ein Blinder bestreiten, aber sie erklärt sich aus unseren Darlegungen ohne weiteres.

[1] Nach einer freundlichen Mitteilung von A. **Winkler** trägt die Terrasse an der Nordwestseite der Gleichenberger Kogel gut gerundete Quarzgerölle noch in einer Höhe von 530 *m*.

[2] So nenne ich schon seit vielen Jahren die stark zersetzten Gerölle, deren Form im Gesteinsverband noch erkennbar ist, die aber sofort abbröckeln, wenn man sie anschlägt. **Penck** spricht ähnlich von Gesteinsskeletten.

[3] Wie auch für **Stur**. Vgl. Vh. G. T. Innsbruck, 1912, p. 136.

kaum mehr über kürzere Strecken möglich war, geschweige denn bis ins Mittelsteirische Becken. Nur die festen Quarze waren frachtfähig; und wenn sich schon sonst bei der Beförderung frischen Gerölls über eine Strecke von etlichen Meilen infolge der »natürlichen Auslese« die Quarze immer mehr anreichern, so erst recht unter solchen Voraussetzungen. Endlich aber: Nicht alles Geschiebe, das dem flüchtigen Blick Quarz zu sein erscheint, erweist sich, wenn man es aufschlägt, wirklich als solcher. Die gewisse bräunlichgelbe bis bräunlichrötliche Färbung, die für ein so bezeichnendes Merkmal der Quarzschotter gilt, soll darüber nicht täuschen: sie ist auch Geröllen aus anderen Gesteinen eigen.

Und was war die Ursache dieser gewaltigen Aufschüttung aber, die ihre Entsprechungen am ganzen Gebirgsrand bis hinüber in die Gegend von Friedberg hat? Ausräumung der Norischen Furche, Auffüllung am Saum des Steirischen Randgebirges: sie beide sind Korrelate, bewirkt durch eine weiträumige Aufkrümmung der nordöstlichen Alpen und eine Einkrümmung des Mittelsteirischen Beckens einerseits und ein gleichzeitiges Ansteigen des pliozänen Seespiegels andrerseits. Jene Krustenbewegungen riefen Zerschneidung im Innern des Gebirges und Ablagerung an seinem Rande hervor, das Steigen des Sees führte zum teilweisen Untertauchen des Gebirgssaumes und zu einer Verschiebung der Ablagerungsräume gebirgswärts, in die Buchten und breiteren Talmündungen hinein. Strandmarken am Gebirgsabfall haben sich jedoch auch aus jener Zeit nicht mit Bestimmtheit nachweisen lassen, obwohl gewisse plattformartige Stufen in der Gegend von Weiz vielleicht von der Abbrandung geschaffen worden sind. In etwa 630 *m* eingekerbt, liefen sie etwa 90 *m* höher als die obersten Uferlinien des Pontischen Sees im Wiener Becken.[1] Will man sie nicht verschiedenen Seebecken oder verschiedenen Wasserständen eines einheitlichen Sees zuschreiben — und zu beiden ist kein rechter Grund vorhanden, so käme man damit zur Annahme einer späteren, sei es noch pontischen, sei es etwas jüngeren Schrägstellung entlang den Gebirgsrand zwischen seinen nordöstlichen und seinen mittleren Teilen. Wie weit sie sich nach S erstreckt hätte, wissen wir derzeit noch nicht. Die früher erwähnte Höhenspannung der Leithakalke und des Sarmatikums wäre also nur zum Teil auf vorpliozäne, zum andern vielmehr auf jene jüngere Bewegung zurückzuführen.

Und jetzt nur noch eines! Der Untergrund, über den die pliozäne Füllung gebreitet wurde, war keine Ebene, sondern ein Flachrelief, vermutlich mit breiten Tälern und niedrigen Hügeln. Das Meer war zur Zeit des oberen Sarmatikums, an der Wende zum Pontikum zurückgewichen; die Spuren seines Strandes sind viel weiter östlich erkannt worden.[1] Während dieser Festlandzeit kamen, begünstigt durch die tiefere Lage der Erosionsbasis, im Gebirge die talbildenden Vorgänge, Tiefennagung und Rückwärtsverlängerung, zu besonderer Kraft; aber die vorpontische Erosion arbeitete auch an der Ausräumung und Abtragung des trocken gewordenen Küstengürtels. Im Florianer Hügelland kann die dabei entstehende Landoberfläche nicht unter der heutigen gelegen gewesen sein (sonst müßten dem Unterschied in der Höhe jüngere Schotter entsprechen), also nicht unter 400 *m*; im westlichen Grazer Hügelland nicht unter 370 bis 380 *m*. Östlich der Mur aber haben wir in dieser Höhe bereits Kongerientegel, die weit in die Tiefe reichen: das vorpontische Relief liegt unter ihnen begraben. Als es abgesunken war, konnte das Gewässer der Pannonischen Niederung hier eindringen und die Mulde mit seinen Absätzen füllen. Erst allmählich schob sich dann das feinere und zuletzt das gröbere Material über die feinen Tegel und Tone vor.

---

[1] Vgl. Hassinger H., Beiträge zur Physiogeographie des inneralpinen Wiener Beckens. Penck-Festbd. 1918. Bes. p. 178f., 186ff.

Als sich während des mittleren und späteren Pliozäns der Pannonische See allmählich entleerte und Schritt für Schritt zurückwich und zusammenschrumpfte, begann für das Mittelsteirische Becken der letzte Abschnitt seiner Entwicklung: es entstand nunmehr sein heutiger Formenschatz. In wiederholten Phasen der Seiten- und Tiefennagung, entsprechend den einzelnen Ruhelagen der Erosionsbasis und deren immer wieder dazwischen erfolgenden abermaligen Tieferlegung, bildete sich ein Hügel- und Plattenland mit eigentümlichem Reichtum an Stufen aus. Sie begegnen uns sowohl im Längsschnitt wie im Querschnitt seiner Höhenzüge. Dagegen fehlen sie völlig den Gefällslinien der Täler: bis auf ganz wenige Ausnahmen, von denen weiter unten noch die Rede sein wird. In dem weichen Material, aus dem die Landschaft besteht, konnten die Flüsse ihr Gefälle jedesmal sehr rasch ausgleichen, sogar völlig Schritt halten mit der ihnen immer wieder erneute Tiefennagung vorschreibenden Erniedrigung der Erosionsbasis. Sehr bald konnten sie jedesmal übergehen zur Seitennagung. Ja vielleicht waren die Anforderungen an ihre Kraft selbst während der Tiefennagung in Anbetracht der geringen Widerstandsfähigkeit des Gesteins und der unbedeutenden Beträge, um welche die Erosionsbasis jeweils absank, nicht groß genug, ihre Leistungsfähigkeit vollständig zu erschöpfen: sie konnten in diesem Falle den Überschuß an Kraft bereits auf Seitennagung verwenden, sich ausschließlich dieser natürlich dann widmen, wenn die Tieferlegung erledigt war. Dabei erreichten aber die unteren Talböden in einem bestimmten Talquerschnitt unter sonst gleichen Umständen nicht mehr die Breite der oberen, und bestimmte Talbreiten wanderten in den unteren Talböden nicht mehr so weit talaufwärts wie bei den oberen. Das Ergebnis wiederholter solcher Vorgänge ist eine Stufung der zwischen den Tälern gelegenen Höhenzüge im Längs- und Querschnitt, also die Entstehung von Ecken und Leisten. Es ist das eine weithin verbreitete, aber keineswegs leicht erklärbare Erscheinung. Sie tritt geradezu gesetzmäßig auf und kann daher nur mit Vorgängen normaler Talbildung in Beziehung gebracht werden; die Ecken als hochliegende Talreste aufzufassen, welche sich quer über die heutigen Kämme verbinden lassen, geht daher nicht an. Ich kann mir die bei einer solchen Erklärung notwendigen Richtungsänderungen weder vorstellen noch weniger wußte ich sie zu begründen.[1]

---

[1] Vgl. besonders die Arbeiten von Winkler.

Wieviele solche Phasen der Tiefen-, beziehungsweise Seitennagung miteinander abwechselten, ehe der große Schotterkegel durch und durch zerschnitten und die Talbildung bis zu der gegenwärtigen Tiefe fortgeschritten war, läßt sich nicht mehr sicher bestimmen. Denn die obersten Teile der Auffüllung sind bis auf wenige kleine Reste völlig zerstört.[2] Wir können nur die Talleisten im Bereiche der zusammenhängenden Schottermassen zählen. Aber dabei bestehen zwei größere Fehlerquellen. Erstens der Wechsel von widerstandsfähigerem und weniger widerstandsfähigem Material, beziehungsweise von wasserdurchlässigem und wasserundurchlässigem, zweitens die große Rolle der Rutschungen, die übrigens ihrerseits oft mit derartigem Gesteinswechsel zusammenhängt. Die Aufschüttung besteht nämlich, wie bereits bemerkt, keineswegs ausschließlich aus Schottern, namentlich im östlichen Hügelland nicht; Sande und Kiese sind ihnen reichlich eingelagert, aber auch

---

[1] Über die Ursachen der Eckenbildung habe ich mich eingehend geäußert. Eine Frage der Talbildung, Penck-Festbd. 1918. Bald hernach hat O. Flückiger, offenbar ohne meine Arbeit zu kennen, seine morphologischen Untersuchungen am Napf veröffentlicht. Hier kommt er auch auf die »Eggen« zu sprechen, rollt jedoch das Problem nicht in seinem ganzen Umfang auf. Ich meinerseits möchte in Zukunft lieber, einem feinen Winke von J. Partsch folgend, die Mehrzahl »Ecken« statt »Ecke« bilden. Gewähren Flückigers Darlegungen keine ausreichende Erklärung, so kann ich Hilbers seither bekannt gewordener Auffassung (Baustufen usw., p. 281) unmöglich beitreten, wenn er sagt: Die Ecken seien »hochliegende Talreste, welche sich quer über die heutigen Kämme verbinden lassen, also Längsstufen« und wenn er dann die Tatsache, daß sich Eckfluren oft in Leistenfluren fortsetzen, mit Umbiegungen der Flußrichtung erklären will. Eine solche Erklärung kann in einem einzelnen Fall einmal zutreffen, sie ist unanwendbar für die Gesamtheit der hiehergehörigen Erscheinungen.

[2] Vor zehn Jahren, als die hochgelegenen Schotterreste auf dem Wildoner Buchkogel noch nicht bekannt waren, würdigte ich zwar die Größe der Schotterausräumung und der Landzerstörung im nördlichen Teile des Grazer Hügellandes, im Südosten, in der Gegend des Hochecks z. B., hielt ich sie fur so unbedeutend, daß ich von »intakter Riedelfläche« sprechen zu dürfen glaubte (Vh. Innsbruck, G. T., p. 132). Das hat Aigner infolge neuer Beobachtungen mit Recht beanständet (a. a. O., p. 304). Doch bleibt die Tatsache bestehen, daß die Abtragung im Südosten viel geringfügiger ist als in der Nähe des Gebirgsrandes: Die alte Aufschüttungsoberfläche und die späteren Landoberflächen konvergieren gegen den südöstlichen Viertelkreis.

Tonschichten fehlen nicht. Wo sie sich zwischen die wasserdurchlässigen Sande oder Schotter einschalten, können sich förmliche Schichtstufen entwickeln und namentlich weiter hinüber gegen das Oststeirische Hügelland oder Deutsche Grabenland hin, wo die Schotter zurücktreten, die Lehme längere und mächtigere Zwischenlagen zwischen Sanden bilden, sind Leisten dieser Entstehungsart nichts Seltenes. Allein im Grazer Hügelland haben sie noch keine Bedeutung; sie sind örtlich beschränkt und lassen sich nicht in bestimmte Niveaus einordnen.[1] Ähnliches gilt von den Rutschungsleisten, denen man im übrigen fast mehr Wichtigkeit zuerkennen muß. Sie sind auch im reinen Schottergelände sehr häufig, aber doch auch am schönsten und zahlreichsten dort, wo Durchfeuchtung und Wasseraufsaugung eine undurchlässige Liegendschicht glitschig macht oder bewirkt, daß diese unter dem Druck der Hangendschicht ausgequetscht wird und daß damit ein größeres oder kleineres Stück des Gehänges absitzt. Dann entsteht an diesem oft ein langgestreckter Abfall, welcher rein äußerlich dem Innenhang einer Talleiste gleicht, während deren Außenkante bloß durch spätere Abfasung abgerundet zu sein scheint.

Achtet man also sorgfältig darauf, solche Fehlerquellen zu vermeiden, so bleiben immer noch genug Leisten und Ecken übrig, um eine größere Zahl von Talbildungsphasen zu bestimmen. Unter ihnen wird man jene für besonders gesichert erachten müssen, die auch im anstehenden Gestein des aus den Schottern aufragenden Untergrundes ausgebildet sind; z. B. am Osthang des Plabutsch-Buchkogelzuges. Hier ist ja die Gefahr einer Verwechslung mit Schichtstufen und Rutschungsleisten völlig ausgeschlossen. Aber dafür erhebt sich eine andere: wir haben es mit einem in Grundaufdeckung begriffenen alten Formenschatz zu tun. Wer bürgt uns dafür, daß solche Leisten und Stufen nicht dem »Vorrelief« angehören?[2] Der Zufall kann es wollen, daß eine ausgeschälte ältere Leiste, gebildet z. B. von der vorpontischen Erosion oder noch viel früher, die gleiche Höhe habe wie die neueren Leisten! Und doch verleiht ohne Zweifel eine solche Übereinstimmung der Höhen auch der Vermutung eine gewisse Stütze, daß beide gleich alt sind. Verstärkt wird diese noch dann, wenn die Leisten des betreffenden Niveaus in den Lockerstoffen besonders breit ausgeprägt sind. Denn das wäre zu erwarten: wo im festen Fels der Fluß bloß eine schmälere Leiste einnagen konnte, mußte er gleichzeitig eine breitere im weichen Material erzeugen. Gerade deshalb braucht man sich auch nicht zu wundern, wenn Systeme von weniger breiten Leisten zwar in der Beckenfüllung, wo zu ihrer Ausbildung ein kürzerer Zeitraum genügte und die Seitennagung viel früher die Tiefennagung ablöste, anzutreffen sind, im festen Fels aber keine Entsprechung haben. Hier war eben die Frist zu kurz, als daß sie hätten herausgeschnitten werden können. Ja, man kann noch weiter gehen und umgekehrt sagen: Felsterrassen, denen keine breiteren Leisten in den Aufschüttungen entsprechen, sondern bloß schmälere oder gleich breite, erwecken den Verdacht, dem in Wiederaufdeckung begriffenen Untergrund anzugehören.

---

[1] Schon 1918 habe ich gegen Lóczys Vermutung, die Grazer Taltreppe verdanke ihre Ausbildung dem Gesteinswechsel, Stellung nehmen müssen. Eine Frage der Talbildung, p. 86.

[2] Vgl. Sölch, Epigen. Erosion, p. 174 ff.

Unter solchen Umständen gewinnt nun eine Kategorie von Leisten entscheidende Bedeutung: diejenigen nämlich der epigenetischen Flußeinschnitte. Denn sie können nicht dem älteren Formenschatz angehören. Leider ist natürlich ihre Zahl stets ziemlich beschränkt, da auch hier ihre Ausbildung eine gewisse Zeit der Seitennagung voraussetzt. War diese zu kurz, so konnte bei der nächsten Tiefennagung jede Spur von ihr wieder verschwinden. Oft aber war im anstehenden Gestein die Tiefennagung noch gar nicht durch die Seitennagung, welche in der weniger widerstandsfähigen Nachbarschaft ober- und unterhalb bereits ihre Talfluren geschaffen hatte, abgelöst worden und schon begann eine neue Phase der Tiefennagung auch hier, der aber im festen Fels erst recht nur Tiefennagung entsprechen konnte. Es dauerte dann in diesem die Tiefennagung ununterbrochen fort; zu wirksamer Seitennagung konnte es nur kommen, wenn die Erosionsbasis längere Zeit in Ruhe verharrte.[1]

Untersucht man nach solchen Erwägungen die »Taltreppe« des Grazer Hügellandes,[2] so kann man mindestens zehn bis zwölf Phasen der Tiefennagung unterscheiden. Die zugehörigen Leisten im einzelnen aufzuzählen, ist hier nicht der Platz. Wir beschränken uns darauf, die Leisten beiderseits der Mur selbst in der nächsten Umgebung von Graz anzuführen und ihre absoluten und relativen Höhen über der Mur hinzuzufügen. Von den jüngsten pleistozänen und den holozänen Terrassen sehen wir dabei ab, deren hier mindestens zwei Niveaus über dem heutigen vorhanden sind;[3] wir beginnen daher die Zählung mit III.

---

[1] Wo harte Gesteinsbänke den Fluß überqueren, hat bei der jüngsten Talbildungsphase z. B. selbst ein Fluß wie die Mur ihr Gefälle noch nicht ausgeglichen.

[2] Der Name »Taltreppe« ist 1912 von Hilber eingeführt worden; aber schon Unger sprach im gleichen Sinne von einem »Treppental«; siehe dessen »Geognost. Skizze der Umgebungen von Grätz (in Schreiner, Grätz, 1843), p. 71.

[3] Kollischberg 424 *m*, Nierathberg 421 *m*, ⌖ 417 südlich davon, ⌖ 423 östlich der Stiefing usw. Zu untersuchen bleibt noch, inwieweit die von Hassinger (vgl. a. a. O. und dessen ältere Arbeiten) im Wiener Becken ermittelten zwölf Niveaus der pliozänen Talbildung mit denen des Mittelsteirischen Beckens übereinstimmen. Ist etwa unser Niv. VI Hassingers Niv. IV/V des Wiener Beckens gleichzusetzen?

Örtlichkeit	Rechtes Murufer		Niveau	Linkes Murufer			Örtlichkeit
	absolute Höhe	relative Höhe		relative Höhe	absolute Höhe		
					berechnet[1]	beobachtet	
Kaiserwald	355	40	III	45	400	430	Nach Leisten im Weizbachtal (von 445 und 430 *m*) berechnet
St. Martin	413	80	IV	75	430	445	
Bischofegg	430	95	V	95	450	450—455	Abfall des Rainerkogels
Unterer Florianiberg	460	125	VI	125	480	480—485	Rosenberg
Bockkogel S	490	155	VII	155	510	510—520	Gebiet zwischen Platte und Rosenberg
Mittlerer Florianiberg	520	185	VIII	185	540	550—560	
Oberer Florianiberg	540	205	IX	210	565	580—585	Pfangberg
Kanzel, oberhalb Graz	610	250	X	250	605	620—625	Über dem Pfangberg
Buchkogel	über 650	300	XI	280	640	640—650	Platte
Mühlberg	700	340	XII	330	690	690—700	Lineck, Kalkleitenmöstl

---

[1] Berechnet für die Linie des heutigen Murflusses.

Zum weiteren Vergleich bringen wir noch die Leisten- und Eckhöhen beiderseits des Andritzbaches und die von uns angenommene Einordnung in die obigen Niveaus (aber ohne unmittelbare Beziehung zum heutigen Murtal):

Örtlichkeit	westlich		Niveau der Mur bei Andritz 360 *m*	östlich		Örtlichkeit
	absolute Höhe	relative Höhe		relative Höhe	absolute Höhe	
			III	50	410—415	Gelände zwischen Andritz und Kalkleitenmöstl (Schöckelaufstieg)
Rohrerbg.	440	80	IV	75	430—440	
			V	90	450	
			VI	125	485—495	
Forstbr.	510	150	VII	155	510—520	
			VIII	185	?	
			IX	205	560—570	
			X	250	610	
			XI	290	650	
			XII	330	690	

Das Lineckniveau kappt bereits anstehendes Gestein. Bei ihm muß es offen bleiben, ob es wirklich jüngerer Entstehung und nicht vielleicht eine aufgedeckte ältere Stufe ist. Erst das Pfangbergniveau hat bereits Entsprechungen auch im Schottergebiet: wir haben daher mindestens neun vor- und älterpleistozäne Phasen der Talbildung auseinanderzuhalten. Jedesmal betrug die Talvertiefung durchschnittlich 20 bis 25 *m*. Von jener sind im epigenetischen Göstinger Durchbruch durch deutliche Terrassierung sehr gut erkennbar Niv. IX und VI, noch angedeutet VIII, V, IV. Das sind tatsächlich alles Niveaus, die im benachbarten Hügelland eine große Rolle spielen. Das Niveau IX insbesondere beherrscht eine geraume Strecke die Raab-Mur-Wasserscheide, das Niveau VI die Höhen nordöstlich Wildons (siehe Note 3, p. 289). Im Zösenberger Durchbruch (Anna-, richtig Einödgraben) sind dagegen Niveau X und XI gut ausgeprägt; wir sind daher wohl berechtigt, auch das Kanzel- und das Buchkogelniveau (Platten) für jünger und nicht bloß für erneut zu halten. Dagegen dürften die zahlreichen höheren Ecken und Leisten, die sich in den Grazer Kalkbergen, zumal auch im Schöckelgebiete beobachten lassen, jener alten Landoberfläche zuzurechnen sein, die schon vor der Entstehung des heutigen Gebirgsabfalls gebildet war. Einer ihrer schönsten Überreste in der Nähe von Graz ist die Erhardhöhe, die einem bis in das Bergland westlich der Mur weitverbreiteten Niveau von 1000 bis 1100 *m* angehört, mit dem Dolinental der oberen »Klamm« an ihrer Ostseite.[1]

Wäre das Gesteinsmaterial der Beckenfüllung gleichmäßig fest beschaffen, so hätte sich die »Taltreppe« viel besser erhalten: die Höhenzüge hätten ihre Plattenform, die Täler eine Art Kastenform in schärferer Ausprägung behauptet. So aber ist es umgewandelt worden in ein kuppenreiches Hügel- und Plattenland und die Seitengehänge der Täler fließen oft unmerklich in sanftem Bogen über in die Sohlen. Das gilt besonders von den kleineren Einschnitten. In den größeren dagegen schaffen die Wasserläufe, indem sie lebhafter nach der Seite arbeiten, durch Unterschneidung sehr oft einen steileren Hang über sich, der mit schärferem Fuß gegen den Talgrund absetzt. Nicht selten ist eine Ungleichseitigkeit der Talquerschnitte; und die Ungleichseitigkeit der Einzugsgebiete, vermutlich ausgelöst durch ganz geringfügige Schrägstellungen — schon solche von weniger als 1° kommen dabei in Betracht — ist eine weitverbreitete Erscheinung.[2] An der Ausbildung der Sättel und der Kuppen haben wiederum Rutschungen und Gekriech einen Hauptanteil. Jene entstehen überall dort, wo ein Graben sein Quellgebiet bis in oder gar durch die wasserscheidende Höhe hindurch treibt. Die Quellen sind ja die gefährlichsten Vorbereiter und Erzeuger aller der verschiedenen Vorgänge des Abrutschens, Abgleitens, Absitzens; in ihrer Umgebung arbeiten Verwitterung, Zersetzung, Abspülung besonders erfolgreich. Vollends dort, wo die Wasserscheide von beiden Seiten her angegriffen wird, erniedrigt sie sich rasch, und ist erst einmal ein Sattel geschaffen, so wird die Zerstörung benachbarter Kuppen alsbald auch von ihm her eingeleitet. Solange sie noch Schotterkappen tragen, leisten sie wenigstens einigen Widerstand. Allein allmählich rücken die Schotter rings um sie immer mehr abwärts, bald rascher, bald langsamer, und dann erniedrigen sie sich oft so stark, daß sie kaum mehr über die Leisten einerseits, die Sättel, beziehungsweise Ecken andrerseits aufragen. Wir dürfen das Ausmaß der Abtragung, die so geleistet wird, nicht unterschätzen. Wir brauchen nur einen Blick in den Bereich epigenetischer Denudation zu werfen, im Grazer Hügelland z. B. in den Strich zwischen Kanzel und Hoher Rannach oder bei Ligist auf die Höhe zwischen Dittenberg und Steinberg, wo die Ausräumung älterer Tiefenfurchen, die auffallend weit fortgeschritten ist, hauptsächlich durch derartige Vorgänge besorgt worden sein muß.[3]

---

[1] Gerade dieses so auffällige Niveau zwischen 1000 und 1100 *m*, dem eine ganze Reihe von Gipfeln der Grazer Kalkberge angehört, ist Hilber merkwürdigerweise entgangen. Taltreppe, p. 7/8.

[2] Vgl. Sölch, Ungleichseitige Flußgebiete und Talquerschnitte. P. M., 1918, p. 252ff.

[3] Sölch, Epigen. Erosion, p. 170ff.

Die im Gefolge dieser ganzen Entwicklung auftretende Grundaufdeckung hat bereits prächtige Ergebnisse erzielt:[1] herausgeschält aus ihrer Hülle wurden der Plabutsch-Buchkogelzug samt den zwei eingangs genannten Pässen, den letzten Überresten alter Täler, die heute im übrigen in der Tiefe versenkt liegen, und jenseits des jungen epigenetischen Durchbruchs des Göstinger Bachs die Steinberggruppe; Kreuzeck, Lercheck usw. im W, der Eggenberg im N, Lineckplatte usw. im O; endlich aber auch im Herzen von Graz der Schloßberg und der benachbarte Rainerkogel. Schon guckt über das Grazer Feld die »Klippe« des Kalvarienbergs hervor und über der Sohle des Stiftingtales kommt bereits das Felsgestein zum Vorschein, das unter den Schottern und Sanden des Lechwalds noch vergraben liegt. Je weiter sich die Mur in die Tiefe nagt, desto mehr von dem Relief des Untergrundes wird sich wieder enthüllen. In der jüngsten Phase ihrer Geschichte freilich hat sie ihre ausräumende Tätigkeit mehrmals unterbrochen und statt dessen nicht unbedeutende Mengen von Lockerstoffen auftragen. Damit ist den landformenden Kräften im Mittelsteirischen Becken ein Hauptantrieb genommen worden; aber es bleiben auch so noch genugsam Ursachen, die verhindern, daß sie ihre Arbeit völlig einstellen. Die Zerstörung des Grazer Hügellandes wird unaufhaltsam weitergehen, es müßten denn wieder einmal die aufschüttenden Vorgänge aus tektonischen oder klimatischen Ursachen ein solches Übergewicht erhalten, daß sie die Überreste der älteren Auffüllungen von neuem unter sich begraben.

---

[1] Ebd., p. 175f.

Die Verbreitung des Hesperidins bei den Galieae

(Ein neuer Fall von chemischen Rassen)

Von

Dr. Gustav Klein

Aus dem pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien
(Nr. 168 der II. Folge)

(Vorgelegt in der Sitzung am 24. November 1921)

Seit den ausführlichen Untersuchungen **Borodin's**,[1] der etwa 3000 Pflanzen auf Hesperidin prüfte, sind wir über die Verbreitung und Verteilung dieses Glykosids im Pflanzenreich sehr gut orientiert. Leider ist diese russische Abhandlung schwer zugänglich, so daß eine Überprüfung auf Grund der neueren Erfahrungen bis jetzt nur ganz bruchstückweise erfolgte. Durch die Befunde von **Pfeffer**[2] an Hesperideen, von **Molisch**[3] an *Linaria*-Arten, von **Brunswik**[4] an Labiaten, Scrophulariaceen und *Anthurium*-Arten und durch die umfassenden Ergebnisse **Borodin's** wurde die auch für viele andere Pflanzenstoffe geltende, interessante Tatsache festgestellt, daß innerhalb der Familien, Gattungen und selbst Arten das Vorkommen des Hesperidins kein geschlossenes, sondern sprunghaftes, aber für die einzelnen Formen konstantes ist.

---

[1] Ich entnahm die Daten aus **Borodin's** Werk einem ausführlichen Referat von Prof. R. **Westling** (Stockholm). Orig. **Borodin** J., Sitzungsber. d. bot. Sekt. d. Ges. d. Naturf., Petersburg 1883.

[2] **Pfeffer** W., Hesperidin, ein Bestandteil einiger Hesperideen. Bot. Ztg. 1874. Bd. 32, p. 229.

[3] **Molisch** H., Über einen leicht krystallisierbaren organischen Körper bei *Linaria*-Arten. Ber. d. Deutschen bot. Ges., 35. Bd., 1917, p. 99.

[4] **Brunswik** H., Über neuere Verfälschungen und Verschlechterungen von Drogen. Zeitschr. d. österr. Apothekerver., 1920, 58. Jahrg., p. 201. — Über Hesperidinsphärite im lebenden Hautgewebe von *Anthurium Binotii* **Linden** Ber. d. Deutschen bot. Ges., 1921, Bd. 39, p. 208.

Bei den Rubiaceen ist Hesperidin bisher nicht festgestellt worden, obzwar nach **Borodin** sowohl die im System vorangehenden Familien der Polemoniaceen, Scrophulariaceen und Acanthaceen, wie die nachfolgenden Valerianaceen, Dipsacaceen, Lobeliaceen, Campanulaceen und Compositen im wechselnden Verhältnis von 10 bis 40 % ihrer Arten diesen Stoff führen. Ich konnte nun auch unter den Rubiaceen bei einigen *Galium*-Arten Hesperidin nachweisen. Hier liegen aber die Verhältnisse vom Standpunkt der Systematik, Pflanzenverwandtschaft wie der Chemie so eigenartig, daß sie einer eingehenden Untersuchung wert schienen.

Chemisches Verhalten der Substanz.

Legt man die Blüten oder Blattflächenschnitte, z. B. von *Galium lucidum*, in Glycerin oder konzentrierte KNO_3-Lösung zur Plasmolyse ein, so bilden sich in den Zellen weißliche, stark lichtbrechende Tropfen. In 10 % Na_2CO_3 oder Kalkwasser erhält man intensiv gelbe Ballen oder Tropfen. Kocht man die Gewebe in Glycerin oder tötet mit Aceton, Eisessig, 10 % oder konzentrierter Salzsäure, so bilden sich mächtige Schollen, kleinere Kugeln, Nadelbüschel oder Doppelpinsel von schwach gelblicher Farbe.[1] Sehr schöne, große, fast farblose Nadelbüschel erhält man durch mäßiges Erwärmen der Pflanzenteile, riesige Schollen durch die gleiche Behandlung von Schnitten mit Paraffinöl, eine Methode, die sich mir für die mikrochemische Krystallisation des Hesperidins im Gewebe überall sehr bewährte.

Alle Krystalle zeigen im polarisierten Licht Doppelbrechung. Sie sind unlöslich in den schon genannten Fällungsmitteln, lösen sich in Kali- und Natronlauge mit tiefgelber Farbe und färben sich in konzentriertem Ammoniak goldgelb, ohne sich zu lösen. Nach einstündigem Erhitzen ist die Lösung gelb, die Krystalle nur etwas abgeschmolzen, erst nach 24 stündigem Erhitzen im Proberöhrchen gelöst. Sie färben sich in 10 % Na_2CO_3 tiefgelb und lösen sich erst in 20 % Na_2CO_3 nach mehrstündigem Erwärmen teilweise. In Kalkwasser färben sich die Krystalle auch nach Erhitzen nur goldgelb bis braun. Auch Chloralhydrat löst in der Kälte nicht, beim Erwärmen nur langsam und teilweise. Dagegen löst sich die Substanz in konzentrierter Schwefelsäure mit goldgelber Farbe. In konzentrierter Salpetersäure färben sich die Schollen gelb und lösen sich in der Wärme momentan.

---

[1] Bei Behandeln mit HCl erscheinen die Sphärite meist grün bis blau von dem adsorptiv beim Auskrystallisieren mitgerissenen Rhinanthocyan; siehe **Molisch** H., »Indigo«. In **Wiesner's** »Rohstoffe des Pflanzenreiches usw.«, II. Aufl., 1903, Bd. I, p. 423, und **Nestler** A., »Zur Kenntnis des Rhinanthocyans«, Ber. d. Deutschen bot. Ges., 1920, p. 117.

Die Substanz gehört also zu den echten Hesperidinen im Sinne Tunmann's.[1]

In der lebenden Zelle dürfte das Hesperidin hier immer gelöst sein, wenigstens konnte ich es nie krystallisiert finden. Aber schon beim Antrocknen fällt die Substanz meist in lockeren Schollen aus; in dieser Form ist es auch immer im Herbarmaterial. Steckt man frisch abgeschnittene Sprosse von dem relativ großblätterigen *Galium Schultesii* teilweise unter Wasser, so findet man nach einem Tage — wohl infolge des durch die Spaltöffnungen eintretenden Wassers — über die ganze Blattunterseite die Schließ- und Nebenzellen der Spaltöffnungen mit Hesperidinschollen wie ausgegossen, das übrige Gewebe frei.

Systematisches Verhalten.

1. Innerhalb der Familie der Rubiaceen konnte ich Hesperidin nur bei der Gattung *Galium* feststellen, bei den anderen nicht (Tabelle I).

Die Untersuchungen beschränkten sich hauptsächlich auf die einheimischen Vertreter aus der Untergruppe der *Galieae*. Von fremdländischen Vertretern aus anderen Gruppen dieser Familie untersuchte ich nur die mir aus den Glashäusern zugänglichen lebenden als Stichproben, da eine systematische Durchmusterung weder möglich noch geplant war.

Tabelle I*a*.

Vorkommen von Hesperidin in der Familie der Rubiaceae.

Nr.	Gruppe (Untergruppe)	Art	Hesperidin-gehalt
1	*Cinchonoideae*	*Rondeletia amoena*	—
2	»	» *speciosa*	—
3	*Coffeoideae*	*Coffea arabica*	—
4	»	*Hydnophytum montanum*	—
5	»	*Ixora odorata*	—
6	»	*Myrmecodia tuberosa*	—
7	»	*Pavetta caffra*	—
8	»	» *indica*	—
9	»	*Psychotria brasiliensis*	—
10	» Untergruppe *Galieae*	7 *Galium*-Arten	+

---

[1] Tunmann O., Über krystallinische Ausscheidungen in einigen Drogen (Hesperidine) usw. Verh. Naturf. Ges. Salzburg 1910, II, 1, p. 113.

Tabelle I *b*.

Vorkommen von Hesperidin in der Untergruppe der Galieae.

Gattung		Art	Hesperidin-führend
I.	*Sherardia*	*arvensis* L.	—
II.	*Asperula*	*odorata* L.	—
		glauca Bess.	—
		canescens Vis.	—
		aristata L.	—
		cynanchica L.	—
III.	*Crucianella*	*latifolia* L.	—
IV.	*Galium*	7 Arten siehe Tabelle II	+
		28 Arten	—
V.	*Vaillantia*	*muralis* L.	—
VI.	*Rubia*	*peregrina* L.[1]	—
		tinctorum L.[1]	—

Die mikrochemische Prüfung wird dadurch sehr erleichtert, daß alle Pflanzen ausnahmslos entweder hesperidinfrei sind oder den Stoff so reichlich führen, daß er fast in jedem Blütchen und Blättchen krystallisiert zu finden ist.[2]

2. Bei *Galium* ist die Verbreitung eine sehr interessante. Von den zirka 35 im Gebiete des alten Österreich-Ungarn vorkommenden Arten führen es nur sieben, die anderen nie. Diese 7 Arten sind aber innerhalb der Gattung nicht regellos verteilt, sondern bilden einen zusammenhängenden Formenkreis (Tabelle II).

---

[1] Zur Untersuchung wurde größtenteils frisches Material, nur bei *Rubia* und einigen *Galium*-Arten Herbarpflanzen verwendet. Bei den folgenden Tabellen wird, wo es von Bedeutung erscheint, »frisch« oder »Herbar« immer angegeben.

[2] Zur Durchprüfung wurden die Pflanzenproben in 10 % HCl aufgekocht und nach dem Abkühlen in Chloralhydrat gelegt. In dem entfärbten Medium sieht man übersichtlich die leuchtenden Sphärite etc. des gefällten Hesperidins.

Tabelle II.

Vorkommen von Hesperidin in der Gattung Galium.

Zeichenerklärung:

— bedeutet nicht vorhanden, ++ ziemlich viel, +++ viel, ++++ sehr viel vorhanden.

Aus Raummangel konnten Standort, Jahr und Name des Sammlers nicht angegeben werden.

Art	Anzahl der Standorte		Hesperidingehalt	Anmerkung
	frisch	Herbar		
G. *cruciata* Scop.	4	2	—	
vernum Scop.	3	2	—	
pedemontanum All.		2	—	
rotundifolium L.	2	2	—	
boreale L.	3	1	—	
rubioides L.		2	—	
trifidum L.		2	—	
palustre L.	1	1	—	
constrictum Chaub.		2	—	
tricorne With.	1	2	—	
parisiense L.		1	—	
divaricatum Lam.		1	—	
uliginosum L.	1	2	—	
aparine L.	5	1	—	
spurium L.	1	2	—	
murale (L.) All.	1	1	—	
silvaticum L.	2	1	—	
verum L.	4	2	—	
purpureum L.		2	—	
rubrum L.		3	++ oder —	
aristatum L.		3	++ oder —	
Schultesii Vest.	2	2	+++	
lucidum All.	3	2	++++	
meliodorum G. Beck.		2	++++	
cinerum All.		1	++	siehe Tab. III Formenkreis *mollugo*
mollugo L.			++ +++ oder —	
Leyboldii H. Br.		2	—	
helveticum Weig.		1	—	
margaritaceum Kern.		1	—	
baldense Spreng.		1	—	
hercynicum Weig.		1	—	
asperum Schreb.	2	1	—	
austriacum Jacq.	2	1	—	
anisophyllum Vill.	2	1	—	

Das Herbarmaterial stammt größtenteils aus dem Herbar des botanischen Gartens in Wien. Alles frische Material wurde von dem *Galium*-Spezialisten, Herrn Direktor Karl Ronniger bestimmt, dem ich auch an dieser Stelle für sein bereitwilliges Entgegenkommen und die langwierige Untersuchung wärmstens danke.

In der systematischen Reihe[1] tritt Hesperidin zum erstenmal bei *Galium rubrum* in mittlerer Menge auf, bei Exemplaren anderer Standorte fehlt es auch. Dasselbe gilt für *G. aristatum*. Sehr reichlich und konstant ist es bei den folgenden: *G. Schultesii, lucidum, meliodorum* und *cinereum*; im Formenkreis von *G. mollugo* schwankt es wieder, ist in derselben Varietät bald vorhanden, bald nicht und fehlt von der folgenden Art, *G. Leyboldii*, an wieder vollständig. Bei *G. rubrum* und *aristatum* hatte ich nur je 3 Herbarexemplare verschiedener Standorte zum Vergleich, dagegen untersuchte ich hunderte Pflanzen vom Formenkreis *mollugo* frisch und aus Herbar und konnte in diesem Falle die Verhältnisse eindeutig festlegen.

3. Die folgende Tabelle III soll eine Übersicht über das Vorkommen von Hesperidin bei den untersuchten Varietäten und Formen der Spezies *G. mollugo* nach der gegenwärtigen systematischen Gliederung von H. Braun schaffen.

Die Tabelle kann natürlich keinen Anspruch auf Vollkommenheit erheben, da Formen fehlen, die ja möglicherweise andere Verhältnisse zeigen könnten und auch bei einer größeren Zahl von Standorten ein klareres Bild entstanden wäre. Im Prinzip hätte sich freilich nicht viel geändert und darum genügt sie dem angestrebten Zweck vollkommen. Die Zahlen in der Tabelle beziehen sich nur auf Standorte nicht untersuchter Pflanzen; von manchen Varietäten, speziell *genuinum* und *pycnotrichum* wurden an die hundert Pflanzen geprüft.

Aus der Übersicht ersieht man, daß bei fast allen untersuchten Varietäten von *Galium mollugo* Individuen mit und solche ohne Hesperidin gefunden wurden.

Dieses gelegentliche Vorkommen könnte nun klimatisch, am gleichen Ort durch Standortsverhältnisse — Licht oder Schatten, feuchter oder trockener, guter oder schlechter Boden — oder durch das verschiedene Alter bedingt sein. Dem ist aber nicht so.

Das Alter spielt keine Rolle. Ein Stock, der Hesperidin führt, hat es vom zeitlichen Frühjahr bis in den Herbst an allen oberirdischen Organen. Stöcke von *Galium genuinum* und *pycnotrichum*, die mir im Frühjahr zur Blütezeit durch ihren Reichtum an Hesperidin aufgefallen waren, wurden auch im Juli, August und Anfang Oktober untersucht. Immer konnte das Hesperidin in ungefähr gleicher Menge, wenn auch etwas weniger als zur Blütezeit, festgestellt werden. Selbst die am Stock schon vertrockneten Blätter

---

[1] Nach Fritsch K., Exkursionsflora für Österreich. Wien 1909, II. Aufl.

Tabelle III.

Varietas		Forma		Anzahl der Standorte			
				frisch		Herbar	
				+	−	+	−
a	*genuinum* (H. Braun)	α	*typ.*	4	8		3
		β	*pubescens* (Schrader)			1	2
		β''	*pycnotrichum* (H. Braun)	13	17	2*	2
b	*angustifolium* (Leers)	α	*typ.*	1	1		2
c	*tiroliense* (H. Braun)	α	*typ.*			1	2
		β	*decolorans* (Gr. et Godr.) = *angustifolium* × *verum*			2	1
d	*elatum* (Thuill.)	α	*typ*	1	1	2	3
		β	*brevifrons* (Borbas et H. Br.)			1	
f	*erectum* (Huds.)	α	*typ.*	1	2	3	2
		β	*hirtifolium* (H. Braun)	1	1		
g	*praticolum* (H. Braun)	α	*typ.*		1		4
h	*dumetorum* (Jordan)	α	*typ.*	1	3	1	1

zeigten es in Schollen krystallisiert, wenn auch gelegentlich korrodiert, worauf später noch zurückzukommen sein wird. Nur die Blätter, welche schon seit Wochen verdorrt und von Pilzen ganz durchsetzt waren, hatten nichts mehr. Nach dem trockenen, heißen

Sommer trieben die Stöcke durch den Regen im September neue Sprosse und sogar Blüten. Auch in diesen war reichlich Hesperidin. Der Stoff ist also im einzelnen Stock durch die ganze Vegetationszeit konstant.

Das Klima erscheint nicht maßgebend, wiewohl ja die Annahme möglich war, da wir von anderen Stoffen wissen, daß sie in ihrem Entstehen vom Klima abhängig sind, z. B. im wärmeren Klima reichlicher oder sogar ausschließlich auftreten.

Nun zeigten aber frische und Herbarproben aus verschiedenen Gegenden Österreichs — Tiefland und Gebirge —, von Dalmatien, Kreta und Kleinasien durchaus keine Gesetzmäßigkeit, denn Pflanzen derselben Varietät in derselben Gegend führen teils Hesperidin, teils nicht. Tabelle IV möge dies an einem Beispiel erläutern.

Tabelle IV.

Galium mollugo var. erectum Huds.

Nr.	Standort	Hesperidingehalt	
		frisch	Herbar
1	bei Wien (Nußberg)	—	
2	bei Wien (Kaltenleutgeben)	++	
3	bei Wien (Haschhof)	+++	
4	Waldviertel (Niederösterreich)	—	
5	Mittelrhein		+++
6	Böhmen		+++
7	Kreta		—
8	Trapezunt		—
9	Spanien		+++

Auch die Möglichkeit der Beeinflussung durch Standortsverhältnisse muß verneint werden. Dafür spricht besonders die Tatsache, daß von Stöcken, die unter genau denselben Bedingungen, oft nur einige Dezimeter oder Meter voneinander entfernt stehen, der eine reichlich Hesperidin führt, der andere nicht (Tabelle V). Freilich muß erwähnt werden, daß von den bestuntersuchten Varietäten *pycnotrichum* und *genuinum*, Pflanzen, die unter Büschen oder Bäumen, also im starken Schatten standen, nie Hesperidin zeigten, doch will das nach dem vorher Gesagten nichts dagegen besagen.

Aus diesen wenigen Beispielen, die leicht vervielfacht werden könnten, geht klar hervor, daß es innerhalb der Varietäten von *Galium mollugo* systematisch nicht unterscheidbare Individuen gibt, die konstant Hesperidin führen und andere, die es nicht führen. Äußere Einflüsse können dafür nicht verantwortlich gemacht werden.

Es sind also innerhalb der Varietäten eindeutig bestimmbare chemische Rassen vorhanden.

Solche chemische Rassen ohne andere systematische Kennzeichen sind ja schon einige bekannt und werden in der Natur sicher häufiger vorkommen. Es sei nur an die süßen und bitteren Mandeln (*Amygdalus communis* L. var. *amara*) erinnert, die Schindler[1] in Persien, Capus[2] in Turkestan ohne äußeres unterscheidendes Merkmal nebeneinander fanden, oder an die süße Eberesche (*Sorbus aucuparia* var. *dulcis*), die Kraetzl[3] ebenso in Mähren neben den herbfrüchtigen wild feststellte; an die Santonin führende Varietät *Artemisia maritima* var. *Steckmanniana*[4] und schließlich an die physiologischen Rassen bei niederen Organismen, wie sie Eriksson[5] beim Getreiderost aufdeckte.

Tabelle V*a*.

Galium mollugo var. genuinum aus der Umgebung Kahlenbergerdorfs bei Wien.

Nr.	Aussehen des Stockes	Standort	Hesperidingehalt
1	stark, verzweigt, dichte Rispe	auf einer sonnigen Wiese, an einer Südmauer	—
2	stärker als 1, lockere Rispe	ebendort, $^1/_2$ *m* von 1	+++
3	schwächer, dichter als 1	2 *m* von 1	—
4	stark, unverzweigt	15 *m* von 1	++
5	sehr stark, dicht verzweigt	auf der Wiese, 20 *m* von 1	—
6	stark, verzweigt	Rand eines Weingartens, sonnig, 10 *m* von 1	—

---

[1] Schindler, Reisen im südlichen Persien. 1879.

[2] Capus, Ann. d. scienc. nat. 1884. — Nach Tschirch, Handbuch der Pharmakognosie, II. Leipzig 1917, p. 1474.

[3] Kraetzl, Die süße Eberesche. 1890; nach Schneider, C. R. Illustr. Handbuch d. Laubholzkunde, I. Bd., Jena 1906.

[4] Nach Wiesner J. v., Über die chemische Beschaffenheit des Milchsaftes der *Euphorbia*-Arten etc. Diese Sitzungsber., 121. Bd., p. 7.

[5] Eriksson J., Eine allgemeine Übersicht der wichtigsten Ergebnisse der schwedischen Getreiderostuntersuchungen. Bot. Zentralbl. 1897

Tabelle V*b*.

Galium mollugo var. pycnotrichum aus der Umgebung Kahlenbergerdorfs.

Nr.	Aussehen der Pflanze	Standort	Hesperidingehalt
1	lockerer, hoher Stock	steiniger, sonniger Südhang mit Grasnarbe	+++
2	niedrig, unverzweigt	zirka 2 *m* von 1	+++
3	mittelstark, verzweigt	zirka 4 *m* von 1, am Wiesenhang	—
4		zwischen vereinzelten Sträuchern am Hang	—
5		wie 4, zirka 8 *m* von 1	++
6, 7, 8		lehmiger Steinbruch, zirka 30 *m* von 1, Südhang	—
9	dichtbeblättert, uppig grun	Fuß des Steinbruches, dichter Baumschatten	—
10	stark, dichte Rispe	Rand eines Weingartens im Tal	—
11	mittelstark, schwach verzweigt	wie 10, 4 *m* von 10	++
12	schwach, wenig verzweigt	1 *m* von 11	—

Von diesem Gesichtpunkt aus wäre es interessant gewesen, Bastarde auf ihr Verhalten dem Hesperidin gegenüber zu prüfen. Die sicher bestimmten Bastarde, welche ich im Herbar des botanischen Gartens vorfand, ergaben folgendes (Tabelle VI). Dort, wo mindestens eines der Eltern sicher Hesperidin hatte, wie bei den Bastarden *G. mollugo* × *G. lucidum* (4 und 5), führen auch diese den Stoff. Im Falle *G. decolorans* (1 und 2) wäre es naheliegend, anzunehmen, daß die Mutterpflanze *G. mollugo* var. *angustifolium* Hesperidin gehabt habe, da *verum* dieses nie führt. Bei *decolorans* (3), *delicatum* und *Schultzei* endlich wäre die einfachste Erklärung die, daß gerade die in Betracht kommenden Partner (*G. mollugo*, *m.* var. *angustifolium* und *rubrum*) hesperidinfrei waren.

Jedenfalls stimmen die Fälle 1 bis 3 mit der Annahme überein, daß die Varietät *mollugo* var. *angustifolium* eine hesperidinfreie und -führende Rasse in sich birgt. Mehrjährige Zuchtversuche könnten hier erst eindeutige Ergebnisse bringen.

Tabelle VI.

Verhalten von Galiumbastarden bezüglich des Hesperidingehaltes.

Nr.	Kreuzungsprodukt (Name)	Hesperidingehalt
1	*G. verum*×*mollugo* var. *angustifolium* (*G. decolorans* Gr. et Godr.)	+++
2		+++
3		—
4	*G. mollugo*×*lucidum*	+++
5		+++
6	*G. mollugo* × *verum* (*G. Schultzei*)	—
7	*G. mollugo*×*rubrum* (*G. delicatum* Porta)	—

Autolyse des Hesperidins.

Schließlich sei noch eine interessante Tatsache hervorgehoben, die an *G. mollugo* var. *pycnotrichum* festgestellt werden konnte. Mit Ausnahme dieser kann man alle hesperidinführenden *Galium*-Arten, die mir frisch zur Verfügung standen, langsam oder schnell, am Licht oder im Finstern, frei oder zwischen Filterpapier trocknen, das Hesperidin krystallisiert in Schollen aus und bleibt unverändert. Auch am Stengel im Freien verdorrte Blätter behalten es. Nur wenn das Gewebe schon von Pilzen durchsetzt ist, findet man das Hesperidin größtenteils abgeschmolzen. Läßt man aber Exemplare von *G. mollugo* var. *pycnotrichum* langsam, z. B. am Tisch freiliegend, trocknen, so verschwindet der krystallisierte Stoff vollständig, nach 8 bis 14 Tagen findet man von Sphäriten keine Spur mehr, während rasch und scharf getrocknete Exemplare auch nach 20 Jahren den Stoff unverändert zeigen, wie die beiden Herbarexemplare (siehe Tabelle III,*) beweisen. Von anderen Varietäten konnte ich ein teilweises Abschmelzen nur an je einem Exemplar von *G. mollugo* var. *genuinum* und var. *procurrens* Briguet feststellen.

Schon Tunmann[1] legte sich die Frage vor, wieso es kommt, daß die Hesperidinkrystalle von *Citrus* und *Hyssopus officinalis* noch nach 40 Jahren erhalten sind, während sie in *Verbascum* und *Tilia* überwiegend verschwinden. Ob es der Einfluß des Trocknens oder anderer Stoffe auf das schwer spaltbare Glykosid sei, will er noch nicht entscheiden. Diesbezügliche Versuche, die er ankündigte, dürften nicht vollendet worden sein.

---

[1] Tunmann O., Über das Hesperidin und die Krystalle in *Hyssopus officinalis*. Auto Ref. Apoth. Ztg. Berlin 1915, p. 214.

Bei *Galium* liegt ein ähnlicher Fall vor. Hier ist der Einfluß des Trocknens festgestellt und sicher ein Fall von Autolyse vorhanden. Daß diese nur bei *G. pycnotrichum* auftritt, kann daran liegen, daß hier ein Hesperidin von abweichender Konstitution vorliegt oder ein spezifischer fermentativer Apparat, der den anderen fehlt.

Zusammenfassung.

Auch in der Familie der *Rubiaceae* konnte Hesperidin gefunden werden, und zwar nur bei der Gattung *Galium*.

Innerhalb dieser Gattung führt nur ein bestimmter, zusammenhängender Artenkreis, nämlich *G. rubrum, aristatum, Schultesii, lucidum, meliodorum, cinereum* und *mollugo* diesen Stoff.

Die Arten *Schultesii, lucidum, meliodorum* und *cinereum* enthalten Hesperidin konstant in jedem Exemplar, die beiden ersten und die letzte Art wechselnd.

Dieses wechselnde Vorkommen konnte im Formenkreis *G. mollugo* geklärt werden; denn, wie die eingehende Prüfung ergab, hängt es weder vom Klima, noch Standort, noch vom Alter des Individuums ab, sondern ist von Exemplar zu Exemplar verschieden, aber für jedes konstant.

Es liegen also noch innerhalb der Varietäten systematisch nicht greifbare chemische Rassen vor, die durch das reichliche Vorhandensein oder gänzliche Fehlen von Hesperidin charakterisiert sind.

Bei *Galium mollugo* var. *pycnotrichum* konnte im Gegensatz zu den meisten anderen *Galium*-Formen beim langsamen Trocknen ein gänzliches Verschwinden der im Gewebe krystallisierten, schwer hydrolysierbaren Substanz als regelmäßige Erscheinung konstatiert werden, die den Beobachtungen Tunmann's an *Tilia* und *Verbascum* entspricht.

Zur Biologie der Torfmoororchidee *Liparis Loeselii* Rich.[1]

Von

Bruno Huber

Aus dem Botanischen Institut der Universität Innsbruck und dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien. Nr. 157 der zweiten Folge.

(Mit 1 Tafel)

(Vorgelegt in der Sitzung am 7. Juli 1921)

I. Einleitung.

Schon um die Mitte des vorigen Jahrhunderts haben die morphologischen Eigentümlichkeiten unserer einheimischen Malaxiden die Aufmerksamkeit der Botaniker erregt.[2] Gab doch der Besitz von Sproßknollen Anlaß zum Vergleich mit den tropischen Orchideen. Dazu kamen noch die eigentümlichen Netzverdickungen in den absterbenden Blättern und der Grundachse, die die Behauptung aufkommen ließen, die Malaxiden besäßen ein Velamen radicum. Goebel hat dann[3] diese Angabe auf den wahren Sachverhalt geprüft und für diese eigentümlichen Gewebe eine der Bedeutung des Velamen ähnliche Aufgabe dargetan. In dieser Arbeit findet sich auch eine kurze Angabe über die Verpilzung der Malaxiden, die einzige in der botanischen Literatur, die kurz das Wesentliche kennzeichnet:

»Die Sproßachsen der Malaxiden sind regelmäßig und in ausgedehntem Maße von Pilzen bewohnt; sie finden sich in den peripherischen Geweben außerhalb des von den Gefäßbündeln durchzogenen Zentralzylinders. In den inneren Zellschichten des Rindengewebes bilden die Pilzhyphen dichte Knäuel. Diese Zellen führen keine Stärkekörner, während in den äußeren Rindenzellen, die wenige oder keine Pilzhyphen aufweisen, große Stärkekörner abgelagert sind. Man findet in der Sproßachse auch die »Klumpen«, die nach W. Magnus als verdaute Pilzhyphenknäuel zu betrachten sind..., Die Zellen der Wurzelrinde sind auffallend inhaltsarm, so daß man von einer »endotrophen Mykorrhiza« hier kaum sprechen kann. Zwar lassen sich Pilzhyphen von den Wurzelhaaren aus durch die Wurzelrinde bis an ihre Innengrenze verfolgen, aber sie treten in verhältnismäßig geringer Menge auf und bilden nirgends die dichten Knäuel, die in den Wurzeln der anderen Orchideen auftreten«.

---

[1] Zur Frage der Nomenklatur vgl. Ascherson P., Synopsis der mitteleuropäischen Flora, III, p. 900.

[2] Irmisch Th., Bot. Ztg. 1847, p. 137, Flora 1854, p. 625. 1863, p. 1. Zur Morphologie der monokotylischen Knollen- und Zwiebelgewächse. Berlin 1850, p. 159.

[3] Goebel K., Morpholog. und biolog. Bemerkungen. 9. Zur Biologie der Malaxiden. Flora *88* (1901), p. 94.

Seither ist diese durch ihren Standort auffallende Orchideengruppe auf ihre Verpilzung nicht mehr untersucht worden. Und doch birgt die Mykorrkizenfrage noch so viele Rätsel, daß jede neue Teiluntersuchung einen Baustein liefern kann, bis dann schließlich auf Grund zahlreicher Einzelergebnisse die volle Deutung möglich sein wird. Und vielleicht darf man gerade zur meist umstrittenen Frage nach der Bedeutung des Pilzes für die Stickstoffversorgung bei den eigenartigen Hochmoororchideen eine ausgesprochenere Anpassung erwarten, die wieder einen Fingerzeig zur Deutung der ganzen Frage geben könnte. Sieht doch Burgeff[1] gerade darin, daß sich die Orchideen im allgemeinen die stickstoffarmen Hochmoore nicht erobert haben, einen wichtigen Wahrscheinlichkeitsbeweis gegen die Annahme, daß der Pilz atmosphärischen Stickstoff assimiliere oder hochmolekulare Stickstoffverbindungen auszunutzen verstehe. Gerade die Malaxiden kommen aber auf Torfmooren in engster Gesellschaft mit *Drosera* vor,[2] die im Insektenfang ihren Stickstoffbedarf zu decken vermag und man ist geneigt, den Burgeff'schen Schluß umkehrend, für die Pilze dieser Malaxiden einen Stickstoffgewinn zu fordern.

Daß diese bemerkenswerten Pflanzen trotzdem noch keine Untersucher gefunden haben, ist wohl auf ihre Seltenheit zurückzuführen. Das Viller Moor bei Innsbruck (842 *m* über dem Meeresspiegel) ist nun ein ergiebiger Standort für *Liparis Loeselii*[3] und so entschloß ich mich im Frühjahr 1920, an dieser Pflanze meine Studien zu beginnen. Sie waren naturgemäß in zwei Richtungen zu führen: einerseits war die Entwicklungsgeschichte der Verpilzung in der Pflanze in möglichst geschlossener Folge zu studieren, anderseits sollte der Pilz in Reinkulturen auf seine Ernährungsansprüche untersucht, die nach den bisherigen Erfahrungen wenig aussichtsreiche Samenkeimung auf Reinkulturen des Pilzes versucht und die Pflanze selbst in den Grundzügen ihrer Ernährung, wenn möglich auch an pilzfreien Exemplaren geprüft werden.

---

[1] Burgeff H., Die Wurzelpilze der Orchideen, ihre Kultur und ihr Leben in der Pflanze, Jena 1909, p. 197: »Auf den an löslichen Stickstoffverbindungen ärmsten Standorten, den Hochmooren, finden wir keine Orchideen, mit Ausnahme zweier, in ihrer Mykorrhiza gänzlich unbekannter, eben nur hier vorkommender Gattungen, die sich schon durch ihre systematische Stellung wesentlich unterscheiden, *Malaxis* und *Microstylis*. Hier auf den Hochmooren war ein Gebiet, das sich die verpilzte Familie hätte erobern können, wenn die Mykorrhiza ihr einen bedeutenden Gewinn an Stickstoff garantiert hätte. Fänden wir sie hier, dann wäre auch der Frank'sche Vergleich mit den Infektivoren berechtigt, die hier vorkommen.

[2] Nach Hegi's Illust. Flora von Mitteleuropa, Bd. II, 20. Lieferung, p. 393 ff. kommt *Malaxis paludosa* fast ausschließlich, *Liparis Loeselii* vorwiegend auf Hochmooren, aber auch auf Flachmooren (so am Innsbrucker Standort) vor. *Microstylis* ist eine Pflanze moosiger Voralpenwiesen und -wälder, findet sich aber auch in Torfstichen.

[3] Habitusbild in G. Karsten und H. Schenk »Vegetationsbilder«, 4. Reihe, [illegible]. Heft. Taf 48

Die Untersuchungen wurden zuerst am Botanischen Institut der Universität Innsbruck, seit Dezember 1920 am Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien ausgeführt. Den Vorständen der genannten Institute, meinen hochverehrten Lehrern, den Herrn Hofrat Heinricher und Hofrat Molisch danke ich für die zuvorkommende Beistellung der Hilfsmittel und für ihre ständige rege Anteilnahme an meinen Untersuchungen. Für die Einführung in die bakteriologische Technik bin ich Herrn Prof. Sperlich zu besonderem Dank verpflichtet. Den Herrn Assistenten danke ich für ihr vielfaches Entgegenkommen und manchen wertvollen Wink.

II. Herkunft der Pflanzen.

Sehr bald nach Beginn meiner Untersuchungen wurde die Abtorfung des Viller Moors beschlossen und unverzüglich in Angriff genommen. Es galt daher, fur meine Untersuchungen hinreichend lebendes Material zu sichern. Das Viller Moor[1] ist ein Wiesenmoor und liegt 842 *m* über dem Meeresspiegel in jener Talmulde, die von Igels-Vill über den Lansersee gegen Hall ins Inntal zieht und die Fortsetzung des Stubaitales bildete, bis der Silldurchbruch jenen äußersten Teil von seinem Zufluß abschnitt. Seen, Tümpel und Moore weisen den Weg des alten Tals und seines Gletschers. Das Moor besitzt keinen Zufluß und trocknet im Spätsommer oberflächlich aus. An den Rändern herrscht die typische reiche Flora der Wiesenmoore, gegen die Mitte wird sie ärmer. Hier sitzt *Liparis Loeselii* mit Grundachse und Wurzeln in Laubmoospolstern eingebettet, die nach unten absterbend, allmählich in Torf übergehen. In unmittelbarer Gesellschaft finden sich *Drosera rotundifolia* und *longifolia*. Einige Zentimeter unter dem Boden zieht ein dichtes Geflecht von Wurzeln und Rhizomen, besonders von *Phragmites*. Unter den Sauergräsern überwiegt *Schoenus ferrugineus*, dessen Rasen im Frühjahr vor dem Emporschießen des jährlich abgemähten Schilfrohrs dem ganzen Moor das Gepräge geben. Ich entnahm etwa 150 Pflanzen mit einer 8 *cm* tiefen Bodenschicht dem Standort und pflanzte sie in flache, glasierte Töpfe ohne Bodenloch, so daß bei reichlichem Begießen stets stehende Bodennässe vorhanden war. Vom Spätsommer bis ins erste Fruhjahr wurde dann trockener gehalten. Die Pflanzen erhielten sich ausgezeichnet. Im September stirbt die Pflanze ab und überwintert nur mit der von toten Blattscheiden umhüllten Sproßknolle und der ihr anliegenden Knospe. In diesem Zustand ist *Liparis* gegen Trockenheit ausgezeichnet geschützt und verträgt vollkommenes Austrocknen des Bodens. Mitte März wurde wieder reichlicher begossen und Mitte April trieben alle Knospen neuerdings aus und gediehen prächtig. Aber nur drei Pflanzen kamen am 15. Mai zur Blüte, obwohl alle Pflanzen einen Blütenstand angelegt hatten. Das »Ausbleiben« der Malaxiden wird auch in allen Florawerken angegeben.

---

[1] Vgl. Murr J. Die Lanserköpfe bei Innsbruck und ihre Umgebung. Deutsche Bot. Monatsschrift XIX (1901), p. 152 bis 154.

III. Anatomisch-entwicklungsgeschichtlicher Teil.

Längsschnitte durch die Pflanze zeigen das in Fig. 1 dargestellte Bild. *Liparis* wächst wie die meisten Orchideen sympodial. Man findet im Juni deutlich erhalten die Reste der vorjährigen Pflanze, den Zentralzylinder der Grundachse (a_1), während die Rindenzellen ziemlich vollkommen verwest sind, die Sproßknolle k_1 umgeben von den Resten der abgestorbenen Blätter mit den von Goebel (a. a. O.) beschriebenen Netzverdickungen und schließlich den Fruchtstiel, der manchmal noch die Fruchtkapseln trägt und mit dem das Wachstum des Hauptsprosses sein Ende nahm. Das Wachstum wurde von der Achselknospe des obersten Laubblattes fortgesetzt, aus der dadurch die heurige Pflanze hervorgegangen ist. Wir finden eine nahezu senkrecht aufsteigende Grundachse, die ziemlich zahlreiche Wurzeln trägt, von denen eine an der Seite der alten Achse senkrecht nach abwärts dringt, während die übrigen, die Blattreste durchbohrend, seitlich in den Boden gelangen, dann die Blätter (meist 3 Niederblätter und 2 Laubblätter) und über dem obersten Laubblatt wiederum eine Anschwellung des Stengels, die junge Sproßknolle (k_2), die sich in den Blüten tragenden Stengel fortsetzt. Ihr seitlich angedrückt findet sich die Anlage der nächstjährigen Pflanze.[1] In der Grundachse fällt namentlich an Alkoholmaterial schon mit freiem Auge eine milchweiße Zone auf, die als Hohlzylinder den Zentralzylinder umschließt, es ist die Zone der Verpilzung (in Fig. 1 dunkel getont). Besonders gut ist ihre Ausdehnung an Querschnitten zu verfolgen (Fig. 2). Etwa von der dritten Zellschicht unter der Epidermis angefangen bis nahe an die Gefäßbündel sind alle Zellen der stark entwickelten Rinde mit Pilzknäueln gefüllt. In den Wurzeln ist dagegen keine ausgebreitete Verpilzung bemerkbar. Von der Achsenrinde aus setzen sich die Hyphenknäuel noch ein kleines Stück in die Wurzelrinde fort und in der nächsten Nähe der Wurzelaustrittstelle sind zahlreiche Wurzelhaare von Hyphen durchzogen, die sich in der Epidermis wenig ausbreiten und sich dann bis ins Pilzgewebe der Achse verfolgen lassen. Es liegen hier offenbar nur die Ein- und Austrittsstellen des Pilzes vor. Schon etwa $1/2$ *cm* von ihrer Durchbruchstelle ist die Wurzel vollkommen pilzfrei.

Untersucht man dann im September oder Oktober zarte Längsschnitte durch die Anlage der nächstjährigen Pflanze, so findet man (vgl. Goebel a. a. O., p. 98, Fig. 3) zwar alle morphologischen Einzelheiten, Grundachse, Blätter, junge Knolle, Blütenstiel mit Blüten und einige Wurzeln schon angelegt, die ganze Anlage ist aber pilzfrei. Das Rindenparenchym der jungen Achse enthält in allen Zellen reichlich Stärkekörner. Da sich die Verpilzung in der diesjährigen Achse, die schon im Absterben ist, nicht weiter ausgebreitet hat und sich zwischen Grundachse und Knolle eine Trennungsschicht gebildet hat, so ist es offenbar, daß kein Überwandern des Pilzes in die junge Pflanze stattfindet, sondern eine Neuinfektion von außen stattfinden muß. Schon Mollberg erwähnt (Untersuchungen über die Pilze in den Wurzeln der Orchideen. Jenaer Zeitschrift, XVII, 1884), daß er bei den von ihm untersuchten Ophrydeen mit verpilztem Rhizom nie das Hinüberwachsen des Pilzes aus dem alten in das neue Rhizom beobachten konnte und daß daher eine Neuinfektion anzunehmen sei. Diese Neuinfektion bleibt nun bei *Liparis* keineswegs der zufälligen Anwesenheit des Pilzes überlassen, sondern ist durch eine sehr eigentümliche Einrichtung sichergestellt. Als ich Mitte April 1921[1] Pflänzchen untersuchte, die eben die Knospenspitze aus der Umhüllung der Knolle hervorschoben, waren sie äußerlich noch wurzellos. Bei näherem Zusehen zeigte es sich aber, daß die bei Goebel in Fig. 3 in ihrer Anlage sichtbare, senkrecht nach abwärts gerichtete Wurzel ausgetrieben hatte und ins Rindengewebe der vorjährigen Grundachse eingedrungen war, in dem sich neben verdauten Pilzklumpen auch noch lebende Hyphen erhalten hatten. Der Pilz dringt sofort durch die Wurzelhaare in die Wurzel ein und erreicht durch diese die junge Achse, in der er nun nach und nach aufwärts dringt, wobei die Stärke aus den Rindenzellen verschwindet. Erst später dringen weitere Wurzeln, die Blattbasen durchbohrend, seitlich nach außen.

---

[1] In der Regel ist die Tochterknolle in rechtem Winkel zur Mutterknolle orientiert, so daß man auf einem Schnitt durch alte Knolle und heurige Pflanze nicht auch die junge Knospe trifft.

Es ist bemerkenswert, daß Irmisch schon 1854 an *Malaxis paludosa* dasselbe Eindringen der Wurzel in die Rinde der Mutterachse beobachtete,[2] ohne natürlich die biologische Bedeutung ahnen zu können. Es ist dies nämlich um so bemerkenswerter, als *Malaxis* sich in den Spiralfaserzellen der Blätter und der Achse eine Wasserabsorptionsvorrichtung geschaffen hat, die zum Verlust aller übrigen Wurzeln geführt hat. Nur diese eine Wurzel wird beibehalten, weil sie die Neuinfektion vermitteln muß.

Noch eine zweite Tatsache läßt die Infektion gesichert erscheinen. Die Blattbasen, die die junge Knolle umschließen, sind schon im lebenden Zustand regelmäßig, wenn auch meist nicht in ausgedehntem Maße von den Hyphen des Orchideenpilzes durchzogen, der auch hier durch Rhizoiden Eingang findet. Die Verpilzung der Blattbasen ist schon Goebel aufgefallen (a. a. O., p. 100):

---

[1] Die Infektionsgeschichte wurde 1921 an meinen Kulturexemplaren verfolgt, die den Pflanzen des natürlichen Standorts in der Entwicklung um 2 bis 3 Wochen voraus gewesen sein dürften.

[2] Th. Irmisch, Bemerkungen über *Malaxis paludosa* Sw., Flora 1854, p. 625: »Äußerlich war nichts von einer Wurzel zu bemerken, doch überzeugte mich eine neuerliche Untersuchung, daß sie durchwegs eine solche besaßen. Sie befindet sich ganz unten an der Basis des diesjährigen Blütenstengels, senkt sich aber gleich vertikal nach unten und wächst ins Parenchym der schlanken Achse hinein, die sich unterhalb der vom vorigen Jahr stehen gebliebenen Knolle findet und die vorjährigen Blätter trug.«

»Die Blätter der Malaxiden weisen an der Basis Wurzelhaare auf. Die Gegenwart der Wurzelhaare spricht sich auch darin aus, daß ganz ebenso wie in den Wurzeln selbst durch sie eine Pilzinfektion erfolgt. Auch hier kann man die Pilzhyphen, freilich nur in geringer Zahl, in die tiefer liegenden Zellschichten verfolgen. Sie treten hier zuweilen in ziemlich dichten Knäueln auf.« Aber auch der Raum zwischen den Blattbasen ist von Pilzhyphen übersponnen. Vom August angefangen findet man hier reichlich jene Sporenketten, die von der Kultur des freien Pilzes allgemein bekannt sind. Selbst das oberste Blatt, dessen Grund als feines, eng angepreßtes Häutchen schützend die Knolle mit der jungen Knospe umschließt und am Übergang in den Fruchtstiel einen eigentümlichen Kragen bildet (vgl. Goebel, p. 101), ist in dieser Weise von sporulierenden Hyphen übersponnen. Seltener kann man diese Sporenbildung auch im Innern von Epidermiszellen feststellen. Man kann von diesen kugeligen Sporen (Fig. 3) wegen der vollkommenen Übereinstimmung mit denen der Kulturen (vgl. Fig. 4*a* und *b*) und wegen des Auftretens gleicher Bildungen in der Wurzelepidermis (Fig. 5), wo der Zusammenhang mit dem Pilzgewebe der Achse deutlich nachweisbar ist, die Zugehörigkeit zum Orchideenpilz mit voller Sicherheit behaupten. Daneben findet man dann allerdings, besonders nach dem Absterben, verschiedene andere Mikroorganismen (Diatomeen, Pilze usw.)

Aus dieser Beobachtung geht hervor, daß der Pilz nur Bruchteile von Millimetern von der jungen Knospe entfernt in Dauerzuständen vorhanden ist, so daß selbst beim Versagen der zuerst erwähnten Infektionseinrichtung die seitwärts die Blätter durchbrechenden Adventivwurzeln den Pilz aufnehmen müssen.

Im Mai hat dann der Pilz die anfangs angegebene Verbreitung erlangt. Die Stärkekörner, die in der jungen Anlage in allen Rindenzellen der Achse reichlich vorhanden waren, sind aus den verpilzten Zellen bis auf wenige Überbleibsel verschwunden. Dagegen ist die Stärke um die Gefäßbündel und in den beiden subepidermalen Zellschichten unversehrt erhalten. In den Epidermiszellen selbst finden sich nur um den Kern gedrängt Stärkekörner. Die Kerne, die vor der Infektion in allen Rindenzellen ungefähr gleich groß waren, haben sich in den verpilzten und einigen angrenzenden Zellen bedeutend vergrößert. Ihr Durchmesser hat sich ungefähr verdoppelt. Von einer Differenzierung in Wirt- und Verdauungszellen ist nichts zu bemerken, alle Zellen führen den lebenden Pilz, der auch vollkommen lebenskräftig ist, wie aus der mühelos gelingenden Isolierung auf Kulturböden geschlossen werden darf. Alle Hyphen sind gleichartig, kurz nach der Infektion ziemlich kräftig. Eine Sonderung in Ring- und Haustorialhyphen wie bei Neottia[1] fehlt. Wenn man in seltenen Fällen um einen

---

[1] W. Magnus: Studien an der endotrophen Mikorhizza von *Neottia nidus-avis* Jahrb. f. w. Bot., 35 Bd. (1900).

Knäuel zarterer Hyphen einen Ring von kräftigen findet, so sind diese auf eine Neuinfektion zurückzuführen, während jene schon Verfallsstadien darstellen. Auch Eiweißhyphen fehlen.

Mit dem Substrat besitzt der Pilz reichliche Verbindungen. *Liparis* trägt ja nicht nur an den Wurzeln sehr zahlreiche Wurzelhaare, sondern auch viele Epidermiszellen der Achse und Blattbasen wachsen zu Rhizoiden aus, die in die wasserspeichernden Blattreste eindringen. Wie diese Organe dem Pilz den Eintritt in die Pflanze erschlossen, so sind sie nun in weit reichlicherem Maße die Stellen, durch die er mit dem Boden in Verbindung tritt. In den Wurzeln findet ein Ausstrahlen nur in den basalen Teilen statt, der größere Teil der Wurzel ist vollkommen pilzfrei.

Die austretenden Rhizoiden bilden in der Basis des Rhizoids lockere Knäuel und Schlingen und verlassen, sich nach außen verzweigend und mehrfach anostomosierend, das Haar. Sporenketten findet man in den Rhizoiden nur ausnahmsweise, dagegen treten sie sehr häufig in den Epidermiszellen der Wurzel auf (Fig. 5) und zwar meist in gebräunten, toten Zellen.[1]

Wie erwähnt, sind im Juni alle verpilzten Zellen gleichartig Der große Kern liegt zunächst sehr chromatinarm in der Mitte des dichten Hyphenknäuels, nur der gut färbbare Nukleolus ermöglicht es, ihn ziemlich regelmäßig zu finden (Fig. 6). Bald aber treten reichlich Chromatinkörnchen und -ballen auf, so daß der Kern nun scharf hervortritt. Die Kernmembran ist sehr deutlich, ein Aussenden von Plasmafortsätzen ist nur selten zu bemerken (Fig. 7).

Dieses typische Bild zeigen in der zweiten Junihälfte fast alle Kerne des Pilzgewebes. Später deformieren sich die Kerne, so treten längliche oder gelappte Kerne auf, die nun die Wand erreicht haben oder dem Hyphenknäuel angedrückt liegen.

Im Laufe des Juli beginnen dann die Hyphen zu kollabieren, die Pilzknäuel füllen daher die Zellen nicht mehr so prall, sondern heben sich von der Wand ab. Dieser Vorgang schreitet im August rasch weiter fort, so daß Anfang September die Hyphen in vielen Zellen zu ziemlich festen Klumpen geballt erscheinen.

Teilweise kann man allerdings die einzelnen Hyphen noch gut erkennen. Man findet dann regellos nebeneinander alle Übergänge von verhältnismäßig wenig kollabierten Hyphenknäueln über dicht geballte, stark kollabierte Reste bis zu fast homogenen Klumpen. Die Kerne sind inzwischen wieder erheblich kleiner geworden, die regen Stoffwechselvorgänge sind abgeklungen, der Kern der höheren Pflanze hat gesiegt.

Während dieser Vorgänge der Grundachse und wohl auf Grund der Nährstoffzuschübe, die die Pflanze beim Absterben des Pilzes erhält, vollendet *Liparis* in den oberirdischen Teilen ihre Entwicklung. Anfangs September welken rasch die Blätter, deren Chlorophyll schon seit einiger Zeit allmählich degeneriert war; in ihren Zellen sind die eigenartigen Netzverdickungen aufgetreten, die den toten Blattresten die Fähigkeit der Wasserspeicherung verleihen. Die Früchte sind gereift, bleiben aber geschlossen (am natürlichen Standort wird der Fruchtstand durch die Schneebedeckung niedergedrückt, in der Kultur bleibt er dauernd erhalten). Die Reserveknolle hat sich bedeutend vergrößert und ist vollgepfropft mit Stärke. Ihr angedrückt ist die Knospe der nächstjährigen Pflanze schon vollkommen ausgebildet. Auch der Pilz hat sich durch die Sporenbildung für den Schluß der Vegetationsperiode vorbereitet. Die Grundachse hat ihre Aufgabe erfüllt und wird durch Verstopfung der verholzten, reich getüpfelten Zellen mit einer auffallenden gelben Masse [1] von der Knolle in schmaler Trennungsschichte abgetrennt und geht zugrunde. Schon Ende September ist es kaum noch möglich, einen Schnitt durchzuführen, weil der Zellverband schon in Auflösung ist. Nur die Leitbündel und das von ihnen umschlossene Mark wiederstehen ein volles Jahr der Verwesung. Ich fand es daher recht auffallend, daß auch in den Rindenzellen wenige Wochen vor dem Absterben dieselben Netzverdickungen auftraten wie in den Blättern. Die Beobachtungen im April 1921 klärten den Widerspruch auf. Die Rindenzellen bilden um die Infektionswurzel eine schützende wasserspeichernde Hülle. Die Netzverdickungen sind ± verholzt. Ihre Entstehung kurz vor dem Absterben der Zellen erklärt es, daß diese Verholzung in vielen Fällen wenig weit vorgeschritten ist, so daß man oft die Holzreaktionen ohne oder mit schwachem Erfolg versucht.

---

[1] Bei den übrigen Orchideen wurden solche Sporenketten nur in den Wurzelhaaren der Ophrydeen ziemlich regelmäßig gefunden (Burgeff, p. 120). Sonst erwähnt nur Burgeff in einem Falle sklerotisch dichte Sporenhaufen in abgestorbenen Wurzelepidermiszellen von *Ophris muscifera*.

Wir müssen uns zum Schlusse die Frage stellen, welchen Verpilzungstyp wir bei *Liparis Loeselii* vor uns haben. Schon Magnus hat die Forderung aufgestellt, daß man die Verpilzungsformen der Orchideen nicht unnatürlich nach der Form der Klumpen in ein System bringen dürfe, sondern den Grad der Differenzierung in Wirt- und Verdauungszellen als Einteilungsgrund nehmen müsse. Für *Liparis* ist nun das Kennzeichnende das Fehlen einer dauernden Pilzwirtschicht. Am Ende der Vegetationsperiode findet sich der Pilz in den meisten Zellen verdaut oder degeneriert. Nur ganz regellos liegen ab und zu Zellen dazwischen, in denen sich der Pilz noch erhalten hat. Nach diesen Verhalten ist *Liparis* an der Seite der *Neottieae* zu stellen, für die gleichfalls das Fehlen einer dauernden Wirtschicht bezeichnend ist. (Die ausführlichste Zusammenstellung aller anatomischen Befunde finden sich im angegebenen Buche Burgeff's, II. Teil, Pilz und Pflanze, C. Die interzellulären Vorgänge in der Pflanze, p. 95 ff. Dort auch alle nötigen Literaturangaben.) So finden sich in den aus sehr zahlreichen Schichten bestehenden Rindengewebe der rübenförmig verdickten *Spiranthes*-Wurzeln [2] Pilzknäuel und -klumpen in unregelmäßigen Komplexen. Bei *Goodyera* [2] nimmt die Verdauung einfach gegen die äußere Rinde hin zu. Bei *Coryanthes* [2] wird das Rhizom durch eigentümliche Trichome infiziert. Der Pilz kann dann in allen Rindenzellen des Rhizoms der Verdauung anheimfallen. Mit diesen Pflanzen steht *Liparis Loeselii* am Anfang der anatomischen Differenzierung der Verpilzung.

---

[1] Obwohl ich dieser gummiartigen, stark lichtbrechenden Masse, die sich von der Zellwand mit scharfem Rande abhebt, einige Aufmerksamkeit schenkte, konnte ich ihre chemische Natur nicht ermitteln. Mit Sudanglyzerin und besonders mit Scharlachrot erhielt ich distinkte Rotfärbung, doch machte das Versagen wiederholter Verseifungsversuche die Fettnatur fraglich. Reaktionen auf Gerbstoffe, Phloroglukotannoide und Pentosane verliefen negativ. In Alkohol verschwinden die amorphen gelben Ballen, es treten aber feinkörnige Fällungen auf. Die Masse scheint anfangs weich zu sein und später zu erstarren, denn sie ist dann oft stark rissig.

[2] Burgeff a. a. O., p. 127 bis 129 und die dort angegebene Literatur.

Nach dem Endergebnis wird auch bei diesen Pflanzen gewöhnlich von Verdauungszellen gesprochen. Ich bin aber der Ansicht, daß der Begriff Verdauungszellen im Gegensatz zu Wirtzellen nur dort gebraucht werden sollte, wo tatsächlich eine Sonderung eingetreten ist und bestimmte Zellen von vornherein dazu bestimmt sind, den Pilz, sobald er die Zelle gefüllt hat, zu verdauen, während andere den Pilz ohne Schädigung beherbergen. Bei *Liparis* aber lebt der Pilz viele Wochen ohne Anzeichen einer Degeneration in den Zellen, man würde diese Zellen unbedenklich als Wirtzellen bezeichnen, würde nicht später der Pilz doch verdaut. Der Ausdruck Verdauungszellen wird bei *Liparis Loeselii* dadurch noch weniger scharf faßbar, weil die Degeneration des Pilzes nicht in allen Zellen bis zur bezeichnenden Klumpenbildung fortschreitet, sondern nur eine Ballung der stark kollabierten Hyphen eintritt, wobei die einzelnen Hyphen noch kenntlich bleiben. Burgeff will für diese Fälle nicht den Namen Verdauung angewendet wissen, denn er stellt eine Angabe von Magnus, er habe bei *Platanthera bifolia* den Pilz gelegentlich in allen Zellen verdaut gefunden, dahin richtig, daß in den Wirtzellen die Hyphen bei der Verdauung verschont bleiben, aber später, etwa zur Blütezeit der Pflanze »von selbst« degenerieren und vom Pflanzenplasma unter Mitwirkung des Kernes etwas zusammengeballt werden. Diese Scheidung kann nun wohl bei der in ihrer Verpilzung ziemlich hochstehenden *Platanthera* scharf durchgeführt werden, weil dort Wirt- und Verdauungszellen von vornherein einen verschiedenen Entwicklungsgang nehmen und echte Verdauung und Ballung zeitlich auseinander liegen. Es ist aber klar, daß sich diese Scheidung bei weniger differenzierter Verpilzung kaum aufrecht erhalten läßt.

Es ist daher wohl das Natürlichste, für solche Fälle die Scheidung in Wirt- und Verdauungszellen überhaupt fallen zu lassen. Wir haben eine anatomisch einfache Form der Symbiose, bei der die Sonderung noch nicht ausgebildet ist.

Wir erhalten so eine Reihe, die von den *Neottieae* und *Malaxidae* (bei den beiden andern einheimischen Malaxiden *Achroanthus monophyllos* und *Malaxis paludosa* ist die Verpilzung jedenfalls sehr ähnlich), bei denen in denselben Zellen, die den Pilz beherbergen, später Verdauung eintreten kann, über die *Ophrydeae* mit ständiger Sonderung in Wirt- und Verdauungsschicht bis zur höchsten Form der *Neottia* führt, die in schärfster, unabänderlicher Ausprägung eine äußere und innere Verdauungszone und eine Wirtschicht in der Mitte besitzt.

Nur in einer Hinsicht ist es nicht ganz gerechtfertigt, die Verpilzung von *Liparis* in einer Linie mit der der übrigen Orchideen zu betrachten: wir dürfen die Achsenverpilzung bei

Liparis nicht ohne weiteres mit der Wurzelverpilzung der übrigen gleichsetzen. Gerade die Differenzierung in Wirt- und Verdauungszellen findet sich in dieser scharfen Ausprägung nur in den Wurzeln. Magnus fand selbst für die so hoch differenzierte *Neottia*, daß die Sonderung im Rhizom und namentlich im unteren Teil des Stengels immer mehr schwindet. Er fand im Rhizom den Pilz nur in wenigen, nicht bestimmt lokalisierten Zellen, im Stengel überhaupt nie verdaut. Dort ist aber die Rhizomverpilzung nur von nebensächlicher Bedeutung. Er fand Rhizome pilzfrei oder bis zu sechs Rindenschichten verpilzt. Auch bei den Ophrydeen mit verpilztem Rhizom kommt doch die Hauptbedeutung der Wurzelverpilzung zu. Die vollkommen regelmäßige, nie fehlende Verpilzung der Achse gleichzeitig mit zurücktretender Wurzelverpilzung ist das Neue und Eigenartige bei den Malaxiden, worauf schon Goebel hingewiesen hat (vgl. die anfangs angeführten Sätze). Wir sind daher zur Annahme berechtigt, daß hier die Achsenverpilzung die Aufgabe der Mykorrhiza vollwertig übernommen hat und mit Rücksicht darauf können wir Achsenverpilzung hier und Wurzelverpilzung dort als physiologisch und biologisch gleichwertig in einer Linie betrachten, wenn es sich nur um die Aufstellung einer biologischen Reihe handelt.

Überblicken wir noch einmal die Gesamtheit der anatomischen Befunde, so kommen wir zum Schluß, daß die Symbiose bei *Liparis Loeselii* eine der wenigst ausgebildeten unter den Orchideen ist. Der Pilz ist bei *Neottia* schon vollkommen ans Leben in der Pflanze angepaßt, seine Isolierung gelingt nicht mehr, Fortpflanzungskörper werden nicht gebildet, Kommunikationen mit dem Boden treten nur selten und unregelmäßig auf. Bei der Mehrzahl der Orchideen gelingt die Isolierung, dagegen werden Fortpflanzungskörper, Sporenketten nur in den reproduktiven Hyphen gebildet, die durch Wurzelhaare die Pflanze verlassen. Bei *Liparis* gelingt die Isolierung sehr leicht, Fortpflanzungskörper werden auch in (allerdings meist abgestorbenen) Geweben der Pflanze sehr reichlich gebildet, die Verbindungen mit dem Boden sind zahlreich. Der *Liparis*-Pilz hat in der Pflanze seine Selbständigkeit noch nicht weitgehend aufgegeben. Parallel mit der anatomischen Differenzierung läuft dann die gegenseitige Abhängigkeit der Symbionten voneinander.

IV. Physiologisch-ökologischer Teil.

Auf die Deutungsmöglichkeiten der Pilzsymbiose einzugehen, kann ich mir im Hinblick auf die wiederholten Erörterungen dieser Frage füglich ersparen. Ich verweise aus der neueren Zeit nur auf E. Stahls »Sinn der Mykorrhizenbildung«,[1] auf die Abschnitte

---

[1] Jahrb. f. w. Botanik, 34. Bd. (1900).

D und E (p. 147 bis 207) in H. Burgeffs »Wurzelpilzen«, die alles auf die Orchideen Bezügliche zusammenstellen und kritisch verarbeiten, auf H. Weylands Beitrag »Zur Ernährungsphysiologie mykotropher Pflanzen«[1] und die Darstellung des gegenwärtigen Stands der Frage durch H. Miehe.[2]

Für mich handelt es sich bloß darum, Tatsachen zusammenzustellen, die auf die Ernährungsphysiologie der Pflanze und des Pilzes ein gewisses Licht werfen.

A. Die verpilzte *Liparis Loeselii.*

1. Die Assimilation.

Im Kampf um die Nährsalze sind bei den höheren Pflanzen drei Arten von Heterotrophie entstanden, die fremde Organismen in den Dienst der eigenen Nährsalzversorgung stellen, der Parasitismus, die Mykotrophie und die Carnivorie. Erst in zweiter Linie bot dann diese Ausnutzung fremder Lebewesen Gelegenheit, auch den Kohlenstoff auf diesem Wege zu beziehen und so ging im Laufe der Entwicklung dieser biologischen Gruppen die Fähigkeit selbständiger Kohlensäureassimilation immer mehr verloren, während die Anfangsglieder solcher Reihen vollständig assimilationstüchtig sind. (Ich erinnere an die von Heinricher aufgedeckte Entwicklungsreihe der Rhinantheen. Eine ähnliche Abstufung der Assimilationsfähigkeit finden wir beim Vergleich der heimischen Orchideen. Vgl. Burgeff, p. 172.) Entsprechend den anatomischen Befunden, die für *Liparis* eine verhältnismäßig ursprüngliche Stufe der Verpilzung dartaten, ist *Liparis Loeselii* auch in der Assimilation des Kohlenstoffs vom Pilz unabhängig. Alle oberirdischen Organe der Pflanze, Blätter, Sproßknolle, Stengel, Blüten und Früchte sind grün. Die beiden Laubblätter erreichen eine recht beträchtliche Größe und sind von einfachem Bau: die spaltöffnungsfreie obere Epidermis bildet einen schwach entwickelten Wassergewebsmantel aus zarten, inhaltsarmen Zellen, die Epidermis der Unterseite hat merklich kleinere Zellen und sehr viele, kleine Spaltöffnungen vom *Cypripedium*-Typus mit kleinen Cutinhörnchen. Dazwischen liegen meist vier Lagen ellipsoidischer Zellen, die sämtlich Chlorophyll führen. In diffusem Licht stehen die Chlorophyllkörner in Flächenstellung an den der Oberfläche parallelen Wänden.

Der Nachweis der Assimilation gelingt für *Liparis* sehr leicht, da sie, abweichend von der Mehrzahl der Orchideen (unter den einheimischen sonst nur noch *Cypripedium* und *Herminium monorchis*, für die beiden anderen Malaxiden liegen keine Angaben vor)

---

[1] Jahrb. f. w. Botanik, 51. Bd. (1912).

[2] Flora, 111. und 112. Bd. (Stahlfestschrift 1918).

Stärkeblätter besitzt. Durch die Sachs'sche Jodprobe läßt sich denn auch an tagsüber belichteten Blättern reichlich Stärke nachweisen, während mit schwarzem Papier verdunkelte Streifen stärkefrei sind. Der Farbenton ist nach der Probe ein dunkleres Weinrot, da *Liparis* (ebenso wie *Microstylis monophyllos*) »rote« Stärkekörner[1] besitzt.

Im Dunkeln gehaltene Pflanzen halten sich einige Zeit ganz gut. Nach etwa vier Wochen erweisen sie sich aber als schwer geschädigt, die Blätter werden fleckig und schlaff.

2. Transpiration und Nährsalzversorgung.

Stahl hat in seiner vergleichend biologischen Studie »der Sinn der Mykorrhizenbildung« (a. a. O.) als gemeinsames Merkmal aller Mykotrophen eine geringe Wasserdurchströmung gefunden und diese damit in Zusammenhang gebracht, daß der Pilz die Pflanze hinreichend und ökonomischer mit Nährsalzen versorge, wodurch der Pflanze ein Ersatz für die geringe Transpiration geboten werde. Für die Herabsetzung der Transpiration läßt sich eine ähnliche Reihe aufstellen, wie für die der Assimilation (Burgeff, p. 172). Anzeichen geringer Wasserdurchströmung sind nach Stahl: spärliches, unverzweigtes Wurzelwerk, Fehlen der Wurzelhaare, Fehlen einer Ausscheidung flüssigen Wassers, Blattglanz, langsames Welken, Zuckerblättrigkeit (wegen der damit verbundenen Erhöhung des Turugors).

Die Wasserdurchströmung bei *Liparis* ist nun ziemlich ansehnlich. Wohl hat ihr der Glanz der Blattoberseite den deutschen Namen »Glanzkraut« eingetragen und auf dieselbe Eigenschaft spielt das griechische λιπαρός (= fettig) an. Dieser Blattglanz ist aber wohl in erster Linie ein Schutz gegen zu große Bestrahlung, die auf den schattenlosen Mooren im Sommer tatsächlich eine ernste Gefahr werden kann.

Von den drei Malaxiden hat *Liparis* die kräftigste Bewurzelung,[2] indem hier nicht nur am blattlosen Grund der Achse, sondern auch noch über den Niederblättern Adventivwurzeln entstehen können. Ich zählte an besonders kräftigen Pflanzen bis zu 20 Wurzeln, von denen die längsten 45 *mm* lang wurden. *Microstylis* trägt nach Irmisch 3 bis 6 Wurzeln, Malaxis besitzt stets nur eine einzige. *Drosera* hat nach Schmid[3] 1 bis 3 Wurzeln von durchschnittlich 15 *mm* Länge. Die Wurzeln von *Liparis* sind stets unverzweigt und mit sehr vielen Wurzelhaaren bedeckt. Das

---

[1] Vgl. Molisch H., Mikrochemie der Pflanze, 2. Auflage, p. 384.

[2] Goebel, a. a. O., p. 96. Irmisch, Flora 1863, p. 1.

[3] G. Schmid: Beiträge zur Ökologie insektivorer Pflanzen. Diss. Jena, 1912.

Wurzelwerk von *Liparis* ist also sicher an und für sich schwach, im Vergleich mit anderen Mykotrophen aber verhältnismäßig kräftig. Dabei ist zu bedenken, daß die Wurzeln oft im Wasser stehen, beinahe immer in feuchtem Moos gebettet sind.

Zudem ist des wirksamen Absorptionssystems zu gedenken, das die toten Blatthüllen und die Achsenrinde mit ihren Netzverdickungen darstellen. Rhizoiden an Achse und Blattbasen entnehmen diesen Wasserbehältern das Wasser.

Die Wasserabgabe ist bei der starken Bestrahlung, namentlich bevor das Schilfrohr entsprechend hoch geworden ist, gleichfalls als hoch anzunehmen. Abscheidung flüssigen Wassers fehlt allerdings. (Sie findet sich unter den einheimischen Orchideen nur bei den wenig mykotrophen *Cypripedium, Epipactis* und *Listera ovata.*)

Besonders auffallend ist die hohe Zahl von Spaltöffnungen. Die Zahl der Spaltöffnungen ist an sich natürlich kein Maßstab für die Transpirationsgröße, weil die verschiedenen Bautypen sehr verschieden wirksam sein können. Je näher sich aber die verglichenen Formen stehen, um so eher kann die Zahl ihrer Spaltöffnungen als Ausdruck der Transpirationsgröße genommen werden.[1] Allerdings sind die Spalten von *Liparis* bei sonst ähnlichem Bau erheblich kleiner als die der zum Vergleich herangezogenen Formen.[2]

Auf einem Quadratmillimeter zählte ich bei

Liparis Loeselii..................	136	Spaltöffnungen
Epipactis palustris...........	70 bis 80	»
Coeloglossum viride..........	64 bis 72	»
Gymnadenia odoratissima	50	»
Goodyera repens	40 bis 60	»

Unter den geprüften einheimischen Orchideen besitzt also *Liparis* weitaus am meisten Spaltöffnungen, die wenig mykotrophe *Epipactis palustris* desselben Standorts kommt ihr mit der Hälfte der Spalten noch am nächsten.

Schließlich sei nochmals auf den Besitz von Stärkeblättern bei *Liparis* hingewiesen, worin sie wieder dem wenig mykotrophen Frauenschuh nahesteht.

Wägungsversuche ergaben auch tatsächlich für *Liparis* eine sehr ansehnliche Transpiration. Eine kräftige *Liparis*-Pflanze mit $2 \times 19\,cm^2$ Blattfläche (Oberseite + Unterseite), die in einen wassergefüllten Glaszylinder so eingesenkt wurde, daß die Wurzeln in Wasser tauchten und der Zylinder über der Knolle mit Kork verschlossen und mit Paraffin abgedichtet wurde, zeigte in dreitägiger Beobachtung folgende durch Wägung ermittelte Transpirationsgrößen:

---

[1] Vgl. Haberlandt G. Physiologische Pflanzenanatomie, 5. Auflage, p. 440.

[2] Die Diffusion durch Löcher in einer dünnen Wand ist aber nicht der Fläche, sondern nur dem Radius proportional (Renner O., Flora. 100, S. 541).

Frischgewicht der Pflanze (samt Knolle und Wurzeln) 3·20 *g*.
Freie Oberfläche (über der Paraffindichtung) 42·5 cm^2.
(19 + 19 Blattfläche, 2·5 Stiel, 2 Früchte.)

Tag	Stunde	Gewichtsverlust	pro Stunde und cm^2 Oberfläche	Anmerkung
3. VII. 1920	17^{h}	0·450 *g*	0·0064	sonniger, windiger Nachmittag
3. VII. 1920	18^{40}			
5. VII. 1920	16^{30}	3·870	0·002	Durchschnitt von 2 Tagen
6. VII. 1920	8^{45}	0·730	0·001	Nacht (Transpiration verringert)
7. VII. 1920	15^{45}	3·650	0·0028	2 sonnige Tage

Durchschnitt aller 3 Tage 2·16 *mg* pro Stunde und cm^2.

Zum Vergleich entnahm ich Pfeffer's Pflanzenphysiologie (I. Bd., p. 153) willkürlich folgende Zahlen:

Hanf	3 *mg*	pro	Stunde	und	Quadratzentimeter	Oberfläche
Hopfen	1·8	»	»	»	»	»
Roggen	1·95	»	»	»	»	»
Erbse	1·05	»	»	»	»	»

Der Einfluß des Lichtes geht aus folgenden Angaben Wiesner's hervor. (Untersuchungen über den Einfluß des Lichtes und der strahlenden Wärme auf die Transpiration. Sitzungsber. Wiener Akad., I. Abt., 74. Bd. (1876), p. 21 des Separatabdruckes):

Mais im Dunkeln	0·97 *mg*	pro	Stunde	und	Quadratzentimeter
» » diffusen Licht	1·14	»	»	»	»
» » Sonnenlicht	7·85	»	»	»	»

Die Transpiration der *Liparis* bei Nacht und an sonnigen Nachmittagen bewegt sich nahezu in den gleichen Grenzen.

Von einer verringerten Wasserdurchströmung kann also bei *Liparis* offenbar nicht die Rede sein. Die Transpiration erreicht an sonnigen Nachmittagen einen stündlichen Wasserverlust, der ein Zwölftel des Frischgewichtes beträgt. In Anbetracht der Nährsalzarmut der Moore können aber die Stahl'schen Erwägungen trotzdem zu Recht bestehen. Es ist möglich, daß auf diesem Standort der gleiche Wasserstrom, der an anderen Standorten die Pflanzen hinreichend mit Nährsalzen versieht, nicht hinreicht, um den Nährsalzbedarf zu decken. Es gelten die Erwägungen, die Schmid (a. a. O.) über die gleichfalls ziemlich stark transpirierende *Drosera* anstellt. Er stützt sich auf Bodenanalysen Webers aus dem mittleren Teil des Hochmoors von Augustumal, auf dem allein *Drosera* vorkommt und vergleicht sie mit dem Nährstoffgehalt eines diluvialen Lehmbodens.

100 *g* Trockensubstanz enthalten

	in Augustumal	auf diluvialem Lehm	Verhältnis
K	0·044 *g*	1·06 *g*	1 : 2·4
PO_4	0·075	0·18	1 : 2·4
Ca	0·217	2·86	1 : 13·1
Mg	0·138	0·88	1 : 5·9
N	Hochmoor	Kiefernwaldhumus	1 : 27·3

Daraus folgt, daß auf solchen Standorten erst eine vielfach größere Wassermenge den gleichen Nährsalzbedarf zu decken vermag. Ich möchte allerdings anderseits auf das außerordentlich träge Wachstum der Orchideen verweisen, das doch einen bedeutend geringeren Nährsalzverbrauch zur Folge haben muß.

Zwingend erscheint mir also aus diesen Überlegungen die Notwendigkeit des Pilzes für die Nährsalzversorgung nicht hervorzugehen. Da aber die Ausbeutung des Pilzes durch die Pflanze bei der Verdauung eine mikroskopisch beobachtete Tatsache ist und die Assimilationsversuche die Selbständigkeit der Pflanze auf diesem Gebiete dargetan haben, ist es doch sehr wahrscheinlich, daß die Verdauung des Pilzes der Pflanze die so schwer erreichbaren Nährsalze liefern muß. Der Vergleich mit den Insektivoren wäre dann wenigstens für die Verdauung gerechtfertigt.

Im übrigen sollen Versuche mit pilzfreien Pflanzen über die Notwendigkeit oder Entbehrlichkeit des Pilzes entscheiden.

3. Die Fortpflanzung.

Als Bernard im Jahre 1903 aus den Orchideen Pilze isolierte, die Orchideensamen zur Keimung brachten, schien das Geheimnis, das die Keimung der Orchideensamen umhüllte, entschleiert. Tatsächlich gelingt heute die Anzucht tropischer Orchideen aus Samen mit großer Sicherheit, über den Keimungsbedingungen der einheimischen Orchideen liegt der Schleier aber noch ebenso dicht wie einst. Burgeff gelang es trotz mannigfacher Versuchsanstellungen nicht, einheimische Orchideen zum Keimen zu bringen (a. a. O., 1909, p. 51). Es lag mir im Rahmen dieser Untersuchung fern, der Samenkeimung eine besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Es sei nur erwähnt, daß sterile, im Herbst auf verpilzten Nährböden ausgesäte Samen, die teils am Licht, teils im Dunkeln unter verschiedenen konstanten oder täglich schwankenden Temperaturbedingungen gehalten wurden, bis Ostern keine Entwicklung zeigten. Ein Teil der Kulturen war inzwischen verunreinigt worden, einige aber waren noch vollkommen rein.

Da die Fruchtkapseln von *Liparis* sich nicht von selbst öffnen, können allerdings am natürlichen Standort die Samen erst durch die Schneebedeckung in den Boden kommen und daher frühestens im Frühjahr keimen. Dabei dürfte es sich aber wohl nur um eine erzwungene Ruhe handeln, da von anderen heimischen Orchideen noch im Oktober die Keimlinge der gleichjährigen Samen gefunden werden und die tropischen Orchideen innerhalb von 14 Tagen keimen.

Pflänzchen, die erst in der zweiten Vegetationsperiode standen, fand ich wiederholt. Es dürfte sich aber wohl fast immer um Adventivpflanzen gehandelt haben, die im Vorjahr an der inzwischen verfaulten alten Knolle entstanden und nun selbständig geworden sind. Ich wurde leider auf diese Adventivbildungen erst aufmerksam, als eine Beobachtung am natürlichen Standort nicht mehr möglich war.

Die Entstehung von Adventivpflänzchen an der Knolle von *Liparis (-Sturmia) Loeselii* hat zuerst Irmisch[1] beschrieben und er hat eine Knolle mit drei Adventivknospen abgebildet. Ich habe nie mehr als eine Adventivknospe gefunden, diese aber nahezu immer. Ich konnte daher auch ihre Entwicklungsgeschichte recht gut verfolgen.

Wenn die normale Knospe ausgetrieben und sich zur blühenden Pflanze entwickelt hat, bleibt in der Reserveknolle immer noch eine ansehnliche Menge Stärke zurück. Diese Stärke sammelt sich im oberen Teil der von der jungen Pflanze abgekehrten Hälfte der Knolle an einer Stelle besonders dicht an, an der zwei, manchmal auch drei Leitbündel wieder zusammenlaufen.[2] Man erkennt im Juli diese Stelle, den neuen Vegetationspunkt mit freiem Auge als weißes Pünktchen. Es treten in und unter der Epidermis Zellteilungen auf, die Kerne treten deutlicher hervor und es wölbt sich ein Vegetationspunkt vor, an dem in $^1/_3$-Stellung 3 Blattanlagen auftreten (Fig. 8). Die Unterseite dieser Blatthöcker entwickelt sich bedeutend stärker und liefert eine kreiselförmige Anschwellung der Achse, die in manchen Fällen noch weiter als Entwicklung des Blattgrundes kenntlich bleibt (Fig. 9), in anderen Fällen als Teil der knolligen Grundachse erscheint. Es entsteht bis September ein etwa 2 *mm* großes Pflänzchen (Fig. 10), das mit einer winzigen Sproßknolle abschließt, der die Knospe des nächsten Jahrestriebs seitlich anliegt. In diesem Stadium findet man Pflänzchen manchmal noch unverpilzt, meist aber ist der Pilz schon durch die langen Rhizoiden der Blattgrundschwellung (eine kleine, Rhizoiden tragende Anschwellung besitzen auch die Blätter erwachsener Pflanzen) in die Achse eingewandert und hat hier die Rinde in der bekannten Ausdehnung in Besitz genommen.

Wurzeln besitzt das Pflänzchen nicht. Als Absorptionssystem dienen wiederum die oft erwähnten Netzfaserzellen. Hier treten Netzverdickungen nicht nur in allen Zellen der Achsenrinde und des Blattgrundes auf, sondern auch in den Zellen der Mutterknolle, die wieder embryonal geworden sind und den Vegetationspunkt für die Adventivknospe geliefert haben. Es ist der einzige Fall, daß in der Knolle diese Verdickungen auftreten.

---

[1] Irmisch Th., Zur Morphologie der monocotylischen Knollen- und Zwiebelgewächse. Berlin 1850, p. 159: »Auf der vorjährigen Knolle entwickeln sich nicht selten, und zwar meistenteils auf dem Scheitel derselben, also durchaus nicht in den Blattachseln, kleine spitze Knöspchen (*gemmae adventivae*), die bald abfallen und selbständige Pflänzchen bilden.«

[2] Ich fand einmal eine solche Knolle, in der die Stärkekörner ganz abweichende Gestalt besaßen. Statt vieler kleiner, fanden sich in jeder Zelle nur wenige (4 bis 7) große Stärkekörner in der Gestalt kreisförmiger, konzentrisch geschichteter Scheiben (Fig. 11). Im Polarisationsmikroskop bilden daher bei gekreuzten Nikols die Auslöschungsbalken ein ganz gleicharmiges Kreuz (wie ein Deutschmeisterkreuz). Mit Jod färbten sich diese Stärkekörner wie die übrigen braunrot. Im Meristem für die Adventivknospe waren die Stärkekörner normal.

In einem Falle fand ich in fast allen verpilzten Rindenzellen eines solchen Adventivpflänzchens je ein bis zwei würfelige oder oktaedrische Krystalle von starker Lichtbrechung, die an die bekannten Eiweißkrystalloide der Kartoffel erinnerten. Sie gaben jedoch keine Eiweißreaktionen. Das spärliche Material gestattete leider nicht, die Natur der Krystalle festzustellen, so wichtig dies möglicherweise für die Theorie der Symbiose gewesen wäre. Es erscheint mir nämlich wahrscheinlich, daß ihr Auftreten auf die Anhäufung eines Stoffwechselproduktes des Pilzes zurückzuführen war, das von den rascher wachsenden größeren Pflanzen sofort verbraucht wird, während es hier auskrystallisierte. In den pilzfreien Zellen fehlten diese Krystalle. Ich habe sie aber auch an anderen Adventivpflanzen nie wieder gefunden.

Im zweiten Jahr entwickelt sich eine verhältnismäßig lange, dünne Achse, die in etwa 12 *mm* Entfernung wieder eine kleine Knolle von 1 bis 2 *mm* Durchmesser entwickelt und ein einziges Laubblatt, das erste, trägt. Die Länge der Grundachse ist biologisch verständlich, denn die Knolle soll ja immer an der Oberfläche der ständig weiterwachsenden Moospolster bleiben. Nun ist die Adventivpflanze gegenüber ihrer legitimen Schwester ohnedies um ein volles Jahr zurück und muß daher durch starke Streckung den Vorsprung nachholen. Die ganze Achse ist in ihrer (nur zwei- bis vierschichtigen) Rinde verpilzt. Im wievielten Jahr die Pflanze zur Blüte kommt, weiß ich nicht.

B. Der Pilz.

Schon wenige Wochen nach Beginn meiner Untersuchungen ging ich an die Isolierung des Orchideenpilzes. Ich hielt mich genau an Burgeff's ausgezeichnete Anleitung (Anzucht tropischer Orchideen aus Samen, Jena 1911) und erhielt gleich beim ersten Versuch aus 25 von 30 Impfstellen auf 6 Platten einen Pilz, der sich durch seine radial unbegrenzt fortwachsenden Langhyphen und die nahezu senkrecht von diesen abzweigenden Kurzhyphen als ein *Orcheomyces* zu erkennen gab. Als am achten Tage an Stelle von Kurzhyphen auch Ketten kugeliger Konidien auftraten, war es sicher, daß ich den richtigen Symbionten gewonnen hatte.

Aus diesen Rohkulturen kommt man rasch zu Reinkulturen, indem man einige Male auf Platten abimpft, denen keine Stickstoffquelle beigegeben ist. Die in der Stärke und sonst als Verunreinigungen vorkommenden Stickstoffmengen genügen für den *Liparis*-Pilz, während Bakterien auf solchen Böden zurückbleiben.

Zum Vergleich isolierte ich auch aus einer *Phalaenopsis* ihren Symbionten, der sich in der Wuchsform vom *Orcheomyces Loeselii* (wie ich ihn kurz nennen will, ohne die Möglichkeit zu bestreiten, daß er nur eine physiologische Rasse eines anderen Pilzes darstellt) deutlich unterscheidet. Dieser ist träg wüchsig, breitet sich kaum jemals über die ganze Platte aus und erhebt sich nicht über das Substrat, während der *Phalaenopsis*-Pilz eine Platte rasch mit einem flaumigen Luftmyzel überspinnt. Der *Phalaenopsis*-Pilz ist auch kräftiger, seine Hyphen haben 7 μ Durchmesser, die ellipsoidischen Sporen sind bis 22 μ lang, bei einem Durchmesser von 15 μ, die Hyphen des *O. Loeselii* haben einen Durchmesser von 4 μ. die fast kugeligen Sporen einen von 10 bis 15 μ. Die Formen wechseln allerdings je nach der Nährlösung. Wird als Stickstoffquelle ein Ammonsalz gegeben, so bilden die Sporenketten regelmäßig im Substrat verteilte, sternförmige Häufchen, die dem freien Auge als weiße Pünktchen erkennbar sind. Jede einzelne Sporenkette zählt ungefähr 10 kugelige Glieder. Steigert man die Kohlehydratkonzentration von $^1/_2$ bis 5 $^0/_0$, so werden die einzelnen Sporen etwas länglich ellipsoidisch. Wird Harnstoff als Stickstoffquelle gegeben, so sind die Hyphen etwas dicker, die Sporen sind nicht zu Häufchen vereint, sondern unregelmäßig im Myzel verteilt, die Sporenketten bestehen nur aus 3 bis 4 kugeligen Gliedern Knäuelbildung an der Oberfläche des Substrats habe ich nie beobachtet, ebenso trat nie Sklerotienbildung ein.

Nimmt man die Wuchsform der Ammonsalzkulturen für die Beurteilung, so ist es klar, daß der Pilz zu jener Gruppe gehört, die Burgeff (»Wurzelpilze«, p. 25) als Gruppe I vom Typus *Orcheomyces psychodis* bezeichnet und zwar steht er gestaltlich gerade dem Typus sehr nahe, so daß die Burgeff'schen Abbildungen (Fig. 11, 12) beinahe genau das Aussehen des *O. Loeselii* bei $^1/_2$ $^0/_0$ Stärke und Ammoniumchlorid als Stickstoffquelle wiedergeben. Abweichend ist nur das Fehlen der Sklerotien und der Hyphenknäuel. Es ist dieselbe Form, die Bernard[1] als *Rhizoctonia repens* folgendermaßen kennzeichnet: »Mycelium toujours rampant, formant sur les milieux nutritifs riches un voile épais, blanc jaunâtre, qui peut devenir brun clair tardivement. Filaments moniliformes ramifiés, groupés en petits amas granuleux, jamais anastomosés. Pelotons formés par l'enroulement de filaments mycéliens sur eux-mêmes pendant de nombreux tours«. Dagegen wird der *Phalaenopsis*-Pilz zur Art *Rh. mucoroides* gestellt.

Während der Wintermonate wurden die Ernährungsansprüche des Pilzes in Flüssigkeitskulturen geprüft. Das Myzel bildet stets unter dem Flüssigkeitsspiegel eine schwer zerteilbare Flocke und erreicht ihn nur bei besonders üppiger Entwicklung.

Ich arbeitete immer mit der stickstoffreien, mineralischen Nährlösung nach Arthur Meyer[2]

1 *l* destilliertes Wasser
1 *g* KH_2PO_4
0·3 *g* $MgSO_4 + 7\,H_2O$
(0·1 *g* $CaCl_2$)
(0·1 *g* NaCl)
0·01 *g* Fe_2Cl_6

der wechselnde Mengen von Stärke oder Dextrin und verschiedene *N*-Quellen beigegeben wurden.

Es seien hier nur die Ergebnisse zusammengestellt, die diesen Torfmoorpilz von den von Burgeff untersuchten (p. 27 bis 41) nicht nennenswert unterscheiden:

---

[1] Angeführt von Burgeff im Anhang, p. 209.

[2] Praktikum der bot. Bakterienkunde, Jena 1903, p. 15. Diese Nährlösung empfiehlt Burgeff (1911).

1. *O. Loeselii* verlangt neutrale oder schwach alkalische Nährböden. In saueren Nährlösungen erfolgt überhaupt kein Wachstum. Daher wurden alle Kulturen stets sorgfältig neutralisiert.

2. Die Konzentration der Kohlehydrate kann innerhalb weiter Grenzen ($^1/_2$ bis 5 %) schwanken, ohne das Wachstum dauernd zu beeinflussen. Die Förderung durch hohe Konzentrationen ist mehr vorübergehend und verwischt sich allmählich wieder. Sporenbildung erfolgt bei allen geprüften Konzentrationen. In den folgenden Versuchen wurden 1 bis 2 % Kohlehydrate geboten.

3. *O. Loeselii* wächst

gar nicht mit Nitriten und Ammoniumoxalat,

schlecht mit Nitraten und Ammoniumtartrat,

gut mit mineralischen Ammonsalzen, Asparagin (ohne Sporen zu bilden),

sehr gut mit Harnstoff und Pepton,

ausgezeichnet mit Ammoniumcitrat (einen festen weißen Kuchen bildend. Reichlich Sporen). Die Kohlehydrate sind dabei aber nicht entbehrlich.

4. *O. Loeselii* kommt mit sehr geringen Mengen von Stickstoff aus. Eine Assimilation atmosphärischen Stickstoffs scheint aber nicht stattzufinden. Neben allen Versuchsreihen liefen stets Kulturen, denen kein Stickstoff beigegeben war. Bei jeder Neuimpfung wurde wieder von einer solchen Kultur abgeimpft, um den Fehler zu verringern. Trotzdem blieb das Wachstum nie nennenswert hinter den Ammonsalzkulturen zurück. Erst als ich unter einer Glasglocke 10 Kolben mit folgender Nährlösung aufstellte:

0·5 *g* K_2HPO_4 durch zweimaliges Umkrystallisieren gereinigt
0·15 *g* $MgSO_4$ » » » »
Spur $FeSO_4$ » » » »

10 *g* wasserklarer Kandiszucker in schönen Krystallen gelöst in 500 *g* heißem destillierten Wasser, wobei ein Schälchen mit H_2SO_4 konz. und eine Menge Ätznatron für die Absorption von Ammoniak oder Salpetersäure sorgten, erfolgte beinahe kein Wachstum mehr.

Die gute Ausnutzung aller geprüften, niedrig oxydierten Stickstoffverbindungen ist mit Rücksicht auf den Standort biologisch verständlich, ebenso wie die schlechte der Nitrate. Die Fähigkeit, sich Spuren von Stickstoff dienstbar zu machen und die geringe Spezialisierung gegenüber den Stickstoffquellen (verschiedene Stufen des Eiweißabbaus: Pepton selbst, Aminosäuren, Harnstoff, Ammoniak) sind wertvolle Eigenschaften, die auch für die Symbiose von Bedeutung sein können.

C. Die pilzfreie Pflanze.

Zum Schluß sei noch über meine Versuche mit pilzfreier *Liparis* kurz berichtet, wenn diese auch noch kein abschließendes Urteil zulassen. Als ich die Pilzfreiheit der jungen Knospe und der Reserveknolle festgestellt hatte, kam mir der Gedanke, es müßte durch rechtzeitige Abtrennung der verpilzten Teile möglich sein, die Neuinfektion im Frühjahr auszuschließen und so zu pilzfreien Pflanzen zu gelangen. Solche pilzfreie Orchideen wären für die Beurteilung der Notwendigkeit und Bedeutung des Pilzes von hohem Wert. Dabei mußte man sich natürlich vor Augen halten, daß ein Erfolg im ersten Jahr noch nichts gegen die Notwendigkeit des Pilzes beweise, da ja das Reservematerial der Knolle noch von der verpilzten Pflanze gespeichert und auch die Knospe noch auf ihr in allen Einzelheiten ausgebildet wurde, so daß beinahe nur das Wasser zur Streckung der fertigen Anlagen fehlt.

Wegen der Unsicherheit des Ergebnisses verwandte ich für den ersten Versuch bloß 12 Pflanzen. (Ausgeführt am 24. I. 1921.) Ich entfernte die Blatthüllen von der Knolle, zog namentlich das innerste zarte Häutchen sorgfältig ab und trennte die Grundachse knapp an der erwähnten Trennungsschicht mit sterilem Rasiermesser ab. Die nackten Knollen (eine Wattehülle bei wenigen Knollen bewährte sich nicht, da sie schimmelte und erwies sich auch als überflüssig) mit den anliegenden Knospen gab ich in Petrischalen mit sterilem Torfmoos und begoß nun reichlich. Schon innerhalb einer Woche begann sich von zwei Pflanzen die Knospe zu strecken, im Laufe von drei Wochen folgten alle übrigen. Am 28. Februar mußten die Deckel abgehoben werden und die Schalen wurden nun in staubdichten Glashäuschen im Experimentierraum des Gewächshauses aufgestellt. Mitte April, als die Topfpflanzen eben die ersten Knospen hervorstreckten, waren die pilzfreien Pflanzen unter den günstigen Feuchtigkeitsbedingungen schon einige Zentimeter hoch.

Ende April opferte ich eine Pflanze für die anatomische Untersuchung. Sie erwies sich tatsächlich als ganz pilzfrei. Ich wagte kaum meinen Augen zu trauen, als ich dieselbe Grundachse, die ich bisher an ungezählten Schnitten immer mit dichten Hyphenknäueln erfüllt gesehen hatte, pilzfrei, reichlich mit Stärke gefüllt und mit verhältnismäßig kleinen Zellkernen fand. Sie zeigte, von der Größe der Zellen abgesehen, ganz die Verhältnisse der Anlage. Die bezeichnenden Veränderungen, die der Pilz in den Zellen hervorruft, waren unterblieben.

Anfang Mai folgte aber rasch ein auffallendes Zurückbleiben. Ein paar ganz kleine Pflänzchen waren schon im April eingegangen, ohne daß ich damals beim guten Gedeihen der übrigen besonders darauf geachtet hätte. In der ersten Hälfte Mai begannen aber auch die kräftigsten Pflanzen vom Blattgrunde her zu bleichen und die Blätter brachen dann an dieser Stelle. Als Mitte Mai drei verpilzte Pflanzen zur Blüte kamen, waren die pilzfreien im Wachstum zurück. Bei einzelnen Pflanzen ist die Möglichkeit nicht zu bestreiten, daß sie äußeren Einflüssen erlegen sind; einige schienen durch die Hitze der Pflingsttage geschädigt, andere wurden, allerdings in deutlich geschwächtem Zustand, eine Beute der Schimmelpilze. In allen Fällen scheint aber schon die Tatsache der Schädigung ein Ausdruck mangelnder Widerstandskraft zu sein, denn von den verpilzten Pflanzen ist keine einzige zugrunde gegangen, obwohl ich zur Kontrolle einige gleichfalls in Petrischalen mit Torfmoos verpflanzt und in Glashäuschen neben den pilzfreien aufgestellt hatte. Über den Mai hinweg retteten sich nur zwei Pflanzen, die aber noch heute vollkommen kräftig erscheinen und gute Knollen gebildet haben. Ob man daraus schließen kann, daß die Pflanze durch die Entbehrung des Symbionten nur vorübergehend aus dem Gleichgewicht gebracht wird und, wenn sie die Krise überdauert, sich den neuen Verhältnissen anpassen kann, oder ob nicht vielleicht bei diesen Pflanzen die Isolierung mißlungen oder nachträglich eine Infektion erfolgt ist, bleibt abzuwarten, denn es ist erst im Herbst, nach Ausbildung der Trennungsschicht möglich, die Grundachse auf ihre Pilzfreiheit zu prüfen, ohne die Pflanzen zu opfern. Bis dahin sei auch von einer Erörterung der Befunde abgesehen. Die Möglichkeit einer wenigstens zeitweiligen Lebensfähigkeit ohne den Symbionten würde mit der sonstigen Ursprünglichkeit der Verpilzung gut übereinstimmen.[1]

Ergebnisse.

1. Die Rinde der Grundachse von *Liparis Loeselii* Rich. ist reichlich verpilzt. Die Verpilzung der Wurzeln und Blätter tritt demgegenüber zurück. (Vgl. Goebel Flora 88. Bd. p. 103.)

2. Ein Überwandern des Pilzes aus der alten in die neue Achse findet nicht statt. Diese muß vielmehr alljährlich von neuem infiziert werden. Die Infektion erfolgt durch die älteste Wurzel, die geradewegs in die alte Achse hineinwächst. Durch rechtzeitige Beseitigung der verpilzten Teile gelang es, die Infektion zu verhindern und pilzfreie Pflanzen zu erzielen.

3. Eine Sonderung in Wirt- und Verdauungszellen fehlt. Der Pilz fällt im Laufe der Vegetationsperiode in der Mehrzahl der Zellen der Verdauung anheim.

4. Die Sporenketten des Pilzes finden sich regelmäßig in der Wurzelepidermis und den Blattbasen, selten in Wurzelhaaren.

5. *Liparis* ist selbständig assimilationsfähig. Als Assimilationsprodukt erscheint »rote« Stärke.

---

[1] Im Laufe der ersten Julihälfte gingen auch noch die beiden letzten pilzfreien Pflanzen ein. Die Unentbehrlichkeit des Pilzes auch für die erwachsene Pflanze ist damit erwiesen.

6. Die Wasserdurchströmung von *Liparis* ist lebhaft. In der Spaltöffnungszahl übertrifft sie die untersuchten heimischen Orchideen bedeutend.

7. Samenkeimung gelang nicht. Dagegen erfolgt reichliche Vermehrung durch Adventivknospen, deren Entwicklungsgeschichte lückenlos verfolgt werden konnte.

8. Die Isolierung des Symbionten bereitet keine Schwierigkeiten. Er gehört zur Sammelgattung *Rhizoctonia repens* Bernard (= Typus *Orcheomyces psychodis* Burgeff) und stimmt in seiner Ernährung mit den bisher untersuchten Orchideenpilzen im wesentlichen überein. Er vermag mit sehr wenig Stickstoff auszukommen, ist den *N*-Quellen gegenüber wenig spezialisiert, assimiliert jedoch atmosphärischen Stickstoff nicht.

Tafelerklärung.

Fig. 1. *Liparis Loeselii*. Längsschnitt, Übersichtsbild. Funffach vergrößert. k_1 alte, k_2 junge Knolle, a_1 alte, a_2 junge Grundachse, *ak* Vegetationspunkt für eine Adventivknospe.

Fig. 2. Grundachse im Querschnitt. 20 fach vergroßert. Die verpilzte Zone in Fig. 1 und 2 dunkel getont.

Fig. 3. Blattepidermis mit Sporenketten des Orchideenpilzes. 300 fach vergrößert.

Fig. 4. Sporenkette *a* aus dem Blatt, *b* aus der Reinkultur. 600 fach vergrößert.

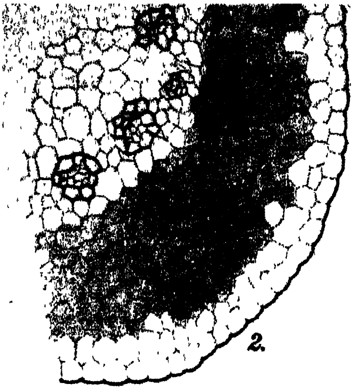
Fig. 5. Wurzelepidermiszelle mit Sporenketten. 350 fach vergrößert.

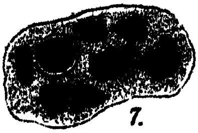
Fig. 6. Kern aus einer frisch verpilzten Zelle.

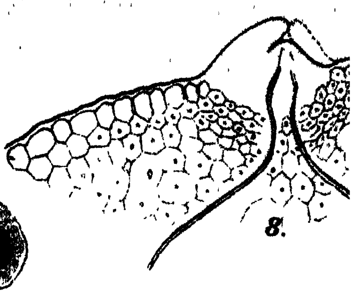
Fig. 7. Kern aus einer länger verpilzten Zelle.

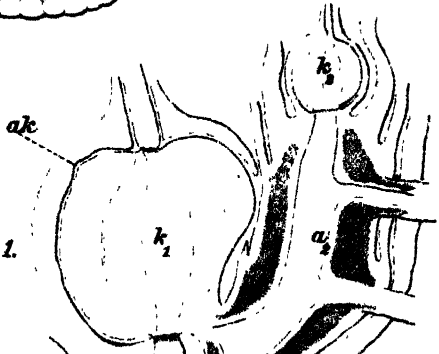
Fig. 8 bis 10. Entwicklungsgeschichte der Adventivknospe. Alle Stadien pilzfrei. Im Stadium 10 (30 fach vergrößert) erfolgt die Infektion.

Fig. 11. Ungewöhnliche Stärkekörner aus einer Knolle.

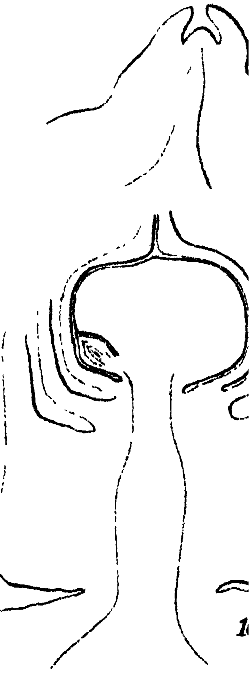

2.

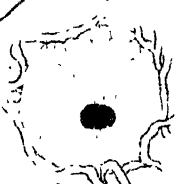

7.

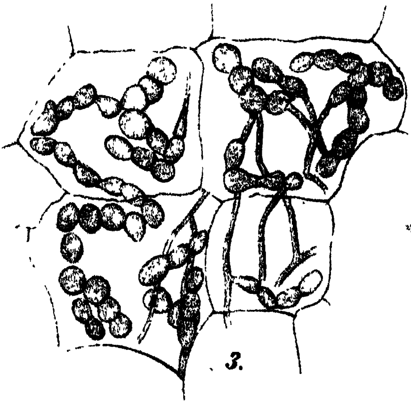

8.

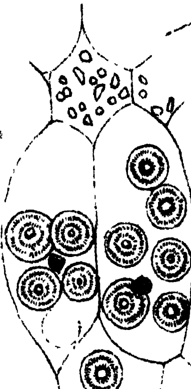


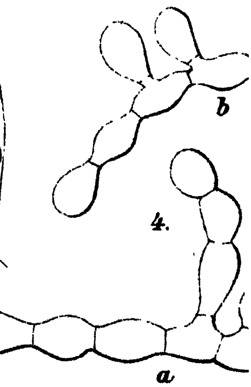
1.


1

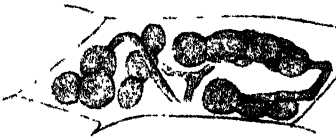

6.


3.


11.



4.


5.

Ein „Fenster“ des Tauerndeckensystems inmitten der Murauer Granatglimmerschieferdecke südlich des Preber

Von

Alexander Tornquist in Graz

(Mit 1 Profiltafel)

(Vorgelegt in der Sitzung am 3. November 1921)

1. Die Katschberglinie und das Fenster.

Die Untersuchung der Südflanke der Niederen Tauern und der Zusammenhänge derselben mit den von mir früher beschriebenen Teilen des Murauer und Turracher Deckensystems hat zu dem überraschenden Auffinden eines mitten im Granatglimmerschiefergebiet dieses Deckensystems auftauchenden Fensters des Tauerndeckensystems nördlich und vor allem östlich Tamsweg geführt. Dieses Fenster und seine Bedeutung für die Tektonik der östlichen Zentralalpen soll im folgenden behandelt werden. Ich beabsichtige, später auf Grund meiner Begehungen im Laufe der letzten Jahre eine eingehende Gesamtbeschreibung des östlich und südlich der Katschberglinie gelegenen Gebirges zu geben.

Das Untertauchen des Systems der Tauerndecken unter die weit gegen Osten ausgedehnte Granatglimmerschiefermasse ist zuerst von Becke[1] am Katschberg beobachtet worden, nachdem ältere Autoren den Katschberg bereits als Störungszone erkannt hatten. Becke hat die Katschberglinie mit ihrem Überschiebungscharakter sodann später[2] gegen Süden weiter verfolgen können, ohne daß ihr Ende nach dieser Richtung bis heute bekannt geworden wäre. Er beobachtete ihren Verlauf über St. Peter durch den Wolfsbachgraben über die Pirkeralm, Torscharte, Ebenwald, Dornbachwiesen bis vor den Radlgraben unterhalb Gmünd. Ob diese Linie durch das von Granigg[1] beschriebene Profil des oberen Mölltales geht, ist aus Graniggs Beschreibung wohl möglich, nicht aber mit Sicherheit zu entnehmen.

---

[1] Bericht über die Aufnahme am Nord- und Ostrand des Hochalmmassivs. Sitzungsber. der Kais. Akad. d. Wiss. Wien, mathem.-naturw. Kl., 117. Bd., 1908, p. 371 ff.

[2] Bericht über geologische und petrographische Untersuchungen am Ostrand des Hochalmkerns. Sitzungsber. der Kais. Akad. d. Wiss Wien. mathem.-naturw. Kl., 118. Bd., 1909, p. 1066.

V. Uhlig[2] hat sodann den Verlauf der Katschberglinie gegen Norden bis Mauterndorf verfolgt und sie dann mehr konstruktiv aus den älteren Literaturangaben in die Südabdachung der Niederen Tauern gegen Osten hinein gezogen. Er bezeichnete als Katschberglinie in diesem Gebiet den Kontakt der Schladminger Masse im Norden mit dem Granatglimmerschiefergebirge im Süden, ohne des Zwischengliedes der dort vorhandenen mächtigen Serie von stark verquetschten lichten Glimmerschiefern und anderer Gesteine näher zu gedenken. Auf Grund der älteren Forschungen von Geyer und Doelter in diesem Gebiet hielt Uhlig es für möglich, daß die Katschberglinie im Gebiet der Niederen Tauern ihren Charakter als Überschiebung eingebüßt hat.

Auch ich hatte bisher der Ansicht, die Katschberglinie nur dort als Überschiebungslinie aufzufassen, wo sie quer zur Achse der Zentralalpen steht, zugeneigt und war daher heuer durchaus überrascht, in ihr auch im Gebiete ihres westöstlichen Verlaufes, d. h. im südlichen Teil der Niederen Tauern alle Anzeichen einer alpinen Deckenüberschiebung ersten Ranges wahrzunehmen, so daß sie sich auch im Gebiete ihres westöstlichen Verlaufes als der Ausbiß einer Deckenüberschiebung I. Grades darstellt. Dieses ergab sich weniger aus den Feststellungen an dieser Linie in den Niederen Tauern selbst, als daraus, daß etwa 3·5 *km* südlich vom Durchstreichen der Katschberglinie durch das Massiv der Golz (2581 *m*), des Rotheck (2743 *m*) und des Preber (2741 *m*) mitten im Granatglimmerschiefergebirge ein Teil des unter ihm gelegenen Tauerndeckensystems als tektonisches Fenster auftaucht, welches erst 7 *km* südlich der Katschberglinie in diesem Gebiet wieder unter der Serie der Granitglimmerschiefer verschwindet.

Dieses tektonische Fenster des Tauerndeckensystems ist im Norden durch eine Linie begrenzt, welche im wesentlichen oberhalb und teilweise auch in der gut ausgebildeten glazialen Schliffkehle hindurchzieht, welche am Südfuß des Preber, des Preberkessels und der Golz den untersten Steilabsturz bildet, welcher das Längstal Krakauebene—In der Klausen—Prebersee gegen Norden begrenzt. Die Nordgrenze des Fensters verläuft in westlicher

---

[1] Geologische und petrographische Untersuchungen im Oberen Mölltal. Jahrb. d. geol. R. A., 1901, p. 367.

[2] Zweiter Bericht über geotektonische Untersuchungen in den Radstädter Tauern. Sitzungsber. der Kais. Akad. d. Wiss. Wien, mathem.-naturw. Kl., 1908, p. 1379.

Richtung nördlich Lessach, wo eine jüngere Störung ihren regelmäßigen Verlauf quert, über das Lessachtal, von dort hoch am Gummaberg bis in große Höhe hinauf und überquert das Göriachtal. Am Südfuß des Kranitzl konnte ich sie nicht mehr auffinden, dort tauchen aus der südlich angelagerten diluvialen Moräne bereits unmittelbar die chloritischen Schiefer der Schladminger Serie empor.

Der südliche Rand des Fensters ließ sich aus dem Göriachtal nördlich des unteren, südlich Lessach gelegenen Engtales, ungefähr beim Blabacherbauern, quer durch den Südabfall des Lerchecks bis unmittelbar nördlich Haiden und dann von dort ziemlich geradlinig über den Eberwein (1720 *m*) bis zum Koglberg verfolgen. Die weitere Ausdehnung des Fensters gegen Osten konnte noch nicht festgestellt werden, vermutlich setzt es noch weit über die Lungauer steirische Grenze fort und verläuft nördlich des Wadschobers über Krakaudorf wohl bis Schöder.

Die Westgrenze des Fensters westlich Haiden gegen Wölting—St. Andrä—Maria Pfarr ist unsichtbar, da dieser Teil des Fensters von den tonigen Sanden und festverbackenen Schottern des Jungtertiärs und in den hochgelegenen Gebirgsstufen völlig von diluvialen Moränen verdeckt ist.

In dem untersuchten Gebirgsstück sind demnach die Gesteinsserie der Granatglimmerschieferstufe im Norden und Süden des Fensters und diejenige des Tauerndeckensystems in dem Fenster selbst zu unterscheiden. Als dritte Gesteinsserie ist diejenige unmittelbar an der Aufschubfläche der ersteren auf die letztere zu betrachten. Es sind das Serpentine und Talklagen von bedeutender Entwicklung. Derartige Gesteine sind bisher auch schon von mehreren Stellen der Katschberglinie selbst bekannt geworden. Becke erwähnt Serpentin auf der Katschberglinie im Wolfstal und in größerer Ausdehnung westlich Ebenwald. Granigg beschrieb Serpentine aus dem oberen Mölltal, wo ihr Zusammenhang mit einer tektonischen Fläche zwischen dem Granatglimmerschiefergebirge und der Schieferhülle aber nicht sichergestellt ist. Aber auch im Prebergebiet ist die Katschberglinie an der Golz und am nördlichen Prebergrat, am sogenannten Federweisjöchl durch Serpentin und Talk ausgezeichnet.

Das Auftreten von Serpentin und Talkbildung am Rand des Fensters bildet einen weiteren Beweis dafür, daß die Aufschubfläche des Granatglimmerschiefergebirges auf das Tauerndeckensystem in der Tiefe unter der Granatglimmerschieferdecke auf weite Erstreckung genau den gleichen Charakter besitzt, wie er an der Ausbißlinie dieser Deckenbewegung, d. h. an der Katschberglinie beobachtet wird.

Erwähnt sei schließlich noch, daß nach meinen vorjährigen Begehungen auch noch Gesteine der Frauenalpedecke und der Decke des Turracher Carbons im Hangenden der Granatglimmerschiefer von Süden her nördlich des Murtales auftreten und bis in keine allzu große Entfernung von unserem Fenster vorstoßen.

Diese Verhältnisse bleiben in der nachfolgenden Darstellung unerwähnt und einer weiteren Publikation vorbehalten. Dagegen ist bereits in dieser Arbeit der sehr wichtigen Feststellung Raum gegeben, daß die basalen Gesteine der Turracher Scholle als Hangendes der Granatglimmerschieferserie sogar auch innerhalb der Niederen Tauern in größerer Ausdehnung vorhanden sind.

2. Die einzelnen Gebirgssysteme.

Geyer[1] hat im Jahre 1893 zum ersten Male die Gesteine unseres Gebietes in einer kurzen Erläuterung seiner Aufnahme des Blattes St. Michael behandelt und vortrefflich charakterisiert. Auch die von ihm zu einer Zeit, als die Deckentektonik noch unbekannt war, gemachten tektonischen Deutungen sind von vorbildlicher Objektivität. Er erwähnt im allgemeinen in Süd verflächende Hornblendegneise in den oberen Lungauer Tälern der Niederen Tauern, dann südlich von ihnen eine Folge stark gestörter, nur hie und da granatführender grauer Tonglimmerschiefer und im unteren Teil der Täler, im Lessachtal, am Bodenmoosgraben nach ihm beginnend, die Granatglimmerschiefermasse. Er weist das Vorhandensein einer »einfachen Auflagerung« dieser Gesteinsserien bereits ab und betrachtet die Gesteine als »eingefaltet«.

Die damit schon von Geyer erkannte tektonische Diskordanz zwischen dem Granatglimmerschiefer im Süden und den Schladminger Gneisen im Norden ergibt sich aber vor allem daraus, daß die Granatglimmerschieferserie im Gegensatz zu letzteren ganz überwiegend nördliches Einfallen zeigt und kein südliches, welches vorhanden sein müßte, falls sie als hangendstes Schichtglied der Niederen Tauern diese am Südfuß ummanteln würde.

Die »grauen Tonglimmerschiefer«, eine sehr verbreitete Gesteinsart lichter, verkneteter, meist sehr harter, gneisähnlicher lichter Glimmer- oder Serizitgesteine rechnen wir der Schladminger Gneisdecke, beziehungsweise dem Tauerndeckensystem zu.

Einen Beweis dafür, daß man in einem solchen Gebiet intensivster Gebirgsbewegung und daher lokal stark wechselnder Beeinflussung des Gesteins nicht durchweg mit Hilfe genauer petrographischer Gesteinsbestimmung die Unterscheidung der verschiedenen vorhandenen Gebirgssysteme vornehmen kann, sondern sich dort, wo Fossilien fehlen, viel mehr an die Ausbildung der betreffenden Gesamtgesteinsfolgen mit ihren charakteristischen Einlagerungen halten muß, bietet die genaue petrographische Untersuchung einer Anzahl von Gesteinen unseres Gebietes durch Doelter[2] und seine Schüler. Wir finden bei Doelter unzweifelhafte

---

[1] Vorlage des Blattes »St. Michael«. Verhandl. d. geol. R. A., 1893, p. 52.

[2] Das krystallinische Schiefergebirge der Niederen Tauern usw. Mitteil. des naturw. Ver. f. Steiermark, 1897, p. 117.

Gesteine der Granatglimmerschieferserie als Gneise erkannt und anderseits den Nachweis, daß andere von Geyer als Gneise benannte Gesteine des tieferen Gebirgssystems trotz ihres Feldspatgehaltes petrographisch in die Bezeichnung Glimmerschiefer einzureihen sind. So wertvoll die genaue petrographische Präzisierung auch sein mag, sie führt uns zwecks Bestimmung der Zugehörigkeit zu den einzelnen großen zusammengehörigen Gesteinsserien nur dann weiter, wenn sie im Sinne der Becke'schen Gesteinsbenennungen auch auf die Genesis der rein regionalen oder regional-diaphthoritischen Ausbildung Bezug nimmt. Die Gesteinsbestimmung in den krystallinen Zentralalpen muß eben Hand in Hand gehen mit der Feststellung des tektonischen Faktors im Gestein.

a) Das Granatglimmerschiefergebirge.

Die Gesteinsfolge, welche dieses Gebirge zusammensetzt, ist zwischen der Katschberglinie im nördlichsten Prebermassiv gegen das Rotheck und dem Fenster in nahezu völliger Lückenlosigkeit auf dem 4 *km* langen, die Schichten fast senkrecht verquerenden Preberkamm vom Grazer Haus bis zur Preberspitze (2741 *m*) entblößt. Das andauernde nördliche Einfallen der Gesteinsfolgen auf dem ganzen Grat ist erstaunlich, da die Glimmerschieferserie östlich des Katschbergpasses am Ainack ein von der Katschberglinie abgekehrtes Verflächen aufweist. Durch diese Lagerung wird am südlichen Preberfuß aber die Heraushebung unseres Fensters erst verständlich, während am Ainack umgekehrt sehr bald das Hangende der Granatglimmerschieferserie erscheint, der Gneis der Buntschuhmasse, welcher, wie an anderer Stelle gezeigt werden wird, das basale Schichtenglied der Turracher Decke bildet.

Der Anstieg über den tiefsten Preberfuß von In der Klausen im oberen Rantental auf den Sattelkogl mit dem Grazer Haus bei fast 2000 *m* führt durch lichte, im Hangenden stark verquarzte Biotit führende Glimmerschiefer von Gneishabitus. Die Gesteine gehören Geyers grauen Tonglimmerschiefern an, welche Doelter als Gneisglimmerschiefer bezeichnet hat. Sie gehören bereits dem Fenster an. Das besondere Merkmal dieser Gesteine ist eine Art ptychmatische Fluidalstruktur, d. h. eine stark geschwungene Schieferung, die teilweise um größere Milchquarzknauern verläuft. Südlich des Grazer Hauses ist in ihnen zunächst ein schwach nördliches, aber schon 100 *m* weiter ein ziemlich anhaltendes südsüdwestliches Einfallen zu erkennen. In einzelnen Lagen treten auch Granaten auf.

Die erste Felspartie nördlich des Grazer Hauses bei 1920 *m* zeigt ein diesem noch ähnliches Gestein im Schichtverbande mit flaserigen Granatglimmerschiefern.

Sodann beginnt die normale Schichtenserie der letzteren. Bei 1950 *m* stehen mit reichlichen, bis 10 *cm* dicken Milchquarzknauern durchsetzte, sohlig gelagerte, flaserige Granatglimmerschiefer mit bis 2 *cm* großen Granaten an.[1]

Der nächste anstehende Felsen wird erst bei 2020 *m* sichtbar, es sind das flaserige, muskovitreiche, verpreßte Granatglimmerschiefer, welche mit 37° in Nord fallen und ostsüdöstlich streichen. Mit wechselndem Fallwinkel von 10 bis 30° sind die gleichen Gesteine bei 2080 *m* und bis 2100 *m* Höhe vorhanden, stets sind Granaten in ihnen enthalten. Bei 2120 *m* ist eine an Granaten arme, aber stark verquarzte Partie sichtbar. Im Hangenden folgen stark zerknetete, gefältelte, flaserige muskovitreiche Schiefer ohne Granaten. Bei 2160 *m* treten in diesen Schiefern dunkle Hornblendeschiefer eingelagert auf. Sie enthalten dünne Lagen einer dichten Hornblende, die mit Quarzschichten wechsellagern. Bei 2190 *m* nimmt das Auftreten von Granaten wieder zu. Das Einfallen ist zunächst um 10°, dann bald 60° in Nord gerichtet. Bei 2220 *m* tritt der an Granaten arme, flaserige, gefältelte Muskovitschiefer mit flacherem nördlichem Fallen wiederum auf, dem bei 2230 *m* grauweiße, geschichtete Quarze — wohl verkieseltes Marmorband — eingelagert sind. Mit wiederum zunehmender nördlicher Neigung bis zu 60° stellen sich bis 2250 *m* wiederum an Granat reiche Schiefer ein. Diese Gesteine zeigen bei 2260 *m* auf kurze Erstreckung einmal steil südliches Einfallen. Schon bei 2290 *m* ist aber das steile (70°) nördliche Fallen wiederhergestellt. Das gleiche Gestein hält in dieser Lagerung bis 2350 *m* an. Noch einmal tritt auf sehr kurzer Strecke bei 2360 *m* ein mit 60° in Süd gerichtetes Fallen auf.

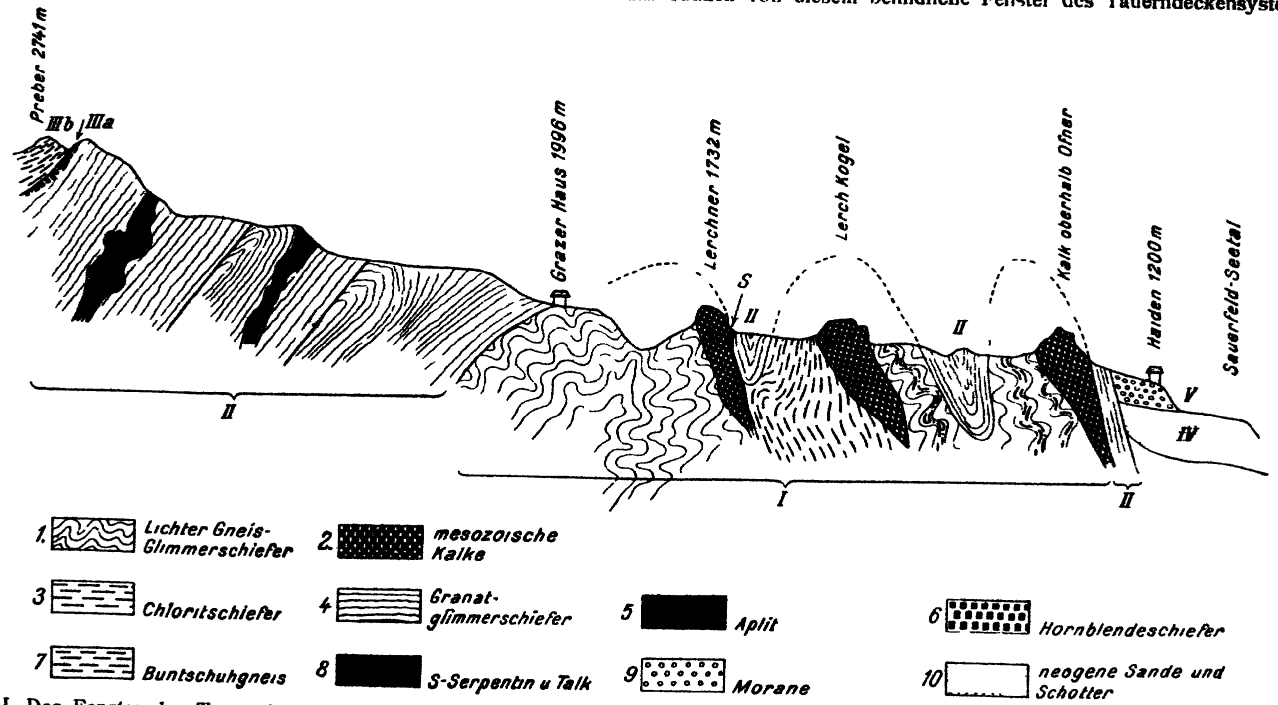
Der bei 2380 *m* beginnende steilere Anstieg des Grates besteht aus normalen, verpreßten, muskovitreichen Granatglimmerschiefern, denen bei 2400 *m* wiederum ein Hornblendeschiefer eingelagert ist, in dem sehr dünne Hornblendelagen mit gleichen Quarzlagen wechseln. Bei 2410 *m* vorübergehend südliches Einfallen. Die Schiefer nehmen an Verquarzung zu und enthalten bei 2420 bis 2450 *m* lichte, auf dem kahlen Hang leicht auffallende Apliteinlagerungen, in denen auch Turmalinzüge auftreten. Verquarzter, flaseriger, granatreicher Schiefer hält bis 2500 *m* stets mit nördlichem Einfallen an. Bei 2510 *m* beginnt noch einmal ein granatenfreier, gefältelter Muskovitschiefer, dem bei 2550 *m* wiederum ein Aplitzug eingelagert ist, man kann hier beobachten, wie der Aplit in Apophysen in die Schiefer eindringt. Ihm folgt ein mächtiger an Hornblende reicher Horizont, teils die oben beschriebenen Hornblendeschiefer, teils dichte, bis 40 *cm* dicke Amphibolite enthaltend. Bei 2620 *m* treten lichte, feinkörnige, flaserige Muskovitschiefer auf, in denen

---

[1] Unter dieser Region streicht die Nordgrenze des Fensters durch und ich bedauere, erst viel später von dem Obersteiger Graff in Lessach die Mitteilung erhalten zu haben, daß an den Flanken dieses Teiles unter dem Grazer Haus von ihm Talkschiefer und Serpentin gefunden worden sind, die unmittelbaren Begleiter dieses Randes. Auf dem Preberkamm ist diese Zone durch Vegetation bedeckt und mir daher leider entgangen.

Schematisches Profil

durch die Südflanke der Niederen Tauern am Prebermassiv und das südlich von diesem befindliche Fenster des Tauerndeckensystems.



I. Das Fenster des Tauerndeckensystems mit den unter 1—3 aufgeführten Gesteinen. — II. Die Murauer Granatglimmerschieferdecke mit den unter 4—5 aufgeführten Gesteinen. — III *a*. Anzeichen von der Faueralpedecke mit dem Gestein 6. — III *b*. Turracher Karbondecke durch sein Grundgebirge, den Buntschuhgneiß, vertreten.

reichlich Quarzknauern und einzelne Hornblendeeinlagerungen vorkommen. Dieses Gestein hält bis 2670 *m* an und wird am Prebervorgipfel (2695 *m*) von 60° nördlich fallende, feinkörnige, ebenschiefrige, granatfreie Muskovitschiefer abgelöst. Diese Schiefer fallen zunächst immer noch 60° in Nord, weisen aber im Paß zum Hauptgipfel ein westliches Einfallen auf. Dieses Gestein wird von einem auffallenden, sehr dünnschiefrigen Quarz, Hornblendeschiefern und lichten Sericitschiefern überlagert, wie sie ähnlich im Preberprofil sonst nicht beobachtet werden.

Der Prebergipfel (2720 bis 2741 *m*) selbst wird von einem stark abweichenden Gestein aufgebaut, von einem festen, feinkörnigen Zweiglimmergneis, welcher vor allem durch reichlichen braun gefärbten Biotit ausgezeichnet ist. Dieses sehr auffallende, zunächst mit 80° nördlich fallende und dann auf dem Gipfel und jenseits desselben südlich fallende Gestein ist von besonderem Interesse. Es unterliegt keinem Zweifel, daß dieses Gestein dem Buntschuhgneis[1] entspricht, welcher ebenso wie der Gneis der Preberspitze östlich des Ainack in den Buntschuhtälern auf der Granatglimmerschieferserie des Ainack gelagert ist. Dieser Buntschuhgneis erstreckt sich, wie oben bereits erwähnt wurde, vou den Buntschuhtälern gegen den Kielprein unter die Turracher Carbondecke und tritt dort zwischen der Granatglimmerschieferserie und den Kalken dieser Decke auf, er stellt das basale Gestein der Turracher Decke dar. Wir sehen daher an der Preberspitze im Hangenden der Granatglimmerschieferdecke mitten in den Niederen Tauern einen Rest der Turracher Decke erhalten, ein geotektonisch äußerst wichtiges Moment. Dieser Gneis bildet am Preber ein morphologisch sehr bemerkenswertes Gestein. Im Gegensatz zu den weichen Granatglimmerschieferabhängen an den Flanken des Prebers zieht der Gneis in äußerst wildem Grat vom Gipfel des Berges sowohl gegen Westen in das Prebertal als auch gegen Osten in den Preberkessel hinab.

Das Preberprofil weist demnach eine mächtige Partie der Granatglimmerschieferserie auf, welche vor allem durch die charakteristischen Amphibolit- und Apliteinlagerungen ausgezeichnet ist. Eine Abweichung vom Normalen ist durch die starke dynamische Fältelung der Schieferlagen und durch die teilweise diaphthorische Verschieferung vorhanden. In Anbetracht dessen, daß sowohl südlich als auch nördlich dieser Gesteinsserie die unter ihr gelegene Tauerndeckenserie zutage kommt, sie also immer nur eine basale und deshalb durch den Aufschub auf diese Deckenserie stark beeinflußte Gesteinspartie sein muß, kann diese Ausbildung nicht wundernehmen. Von Interesse ist das im allgemeinen nördliche

---

[1] Geyer beschreibt den Buntschuhgneis schon als Zweiglimmergneis, dessen Glimmer vorwaltend durch braune Biotitschuppen gebildet wird. Die Identität ergibt sich auch aus Handstücken, die ich im Turracher und Buntschuhgebiet früher gesammelt habe.

Verflächen der Serie, welche vielleicht auf eine starke Schleppung der tiefsten, unmittelbar auf der Aufschubfläche gelegenen Schiefer bei der Gebirgsbewegung hinweist, aber wahrscheinlicher durch spätere Faltung erzeugt ist.

Es fällt ferner an dem beschriebenen Profil des Prebers auf, daß die gleichen Gesteinsserien mehrfach wiederkehren. Diese Wiederkehr dürfte keine normale Lagerung sein, denn zwischen jeden dieser gleichen Gesteinsfolgen konnte abweichend vom überwiegenden und daher normalen nördlichen Einfallen der Gesteinsfolge eine kurze Zone mit söhliger oder entgegengesetzter, südlich einfallender Lagerung festgestellt werden. Die Wiederkehr ist auf eine Schuppung zurückzuführen. Die Schichtenfolge ist in mehrere, jeweils 1000 *m* bis einige 100 *m* breite, gegen Süden überlegte Falten gelegt.

Anhangsweise sei ferner erwähnt, daß die im Liegenden der Buntschuhgneise, deren überraschendes Auftreten am Prebergipfel soeben erwähnt worden ist, vorhandenen Serizit- und Quarzhornblendeschiefer allenfalls Äquivalente der von mir im Gebiet der Paal früher beschriebenen Frauenalpedecke sein könnten.[1]

Südlich des Fensters ist die Serie der Granatglimmerschiefer in solcher Vollständigkeit nicht aufgeschlossen. Das beste Profil wird in der Lessachschlucht zwischen Wölting und Lessach sichtbar, welcher die Fahrstraße zwischen den beiden genannten Ortschaften unterhalb Reiner der Spezialkarte folgt. Am südlichen Ausgang der Schlucht steht eine kleingefältelte Serie muskovitreicher, etwas phyllitischer Granatglimmerschiefer an, welche mit 60° in Nord fällt. Es folgt eine zirka 500 *m* breite Zone, in welcher diese Schiefer zunächst söhlig gelagert sind und dann in Süd fallen. Granaten sind überall eingeschlossen. Dieses Verhalten und die dynamometamorph entstandene Phyllitisierung der Granatschiefer hält bis zur folgenden Straßenbrücke an, bei welcher sich nördliches Einfallen einstellt. Im nördlichen Teil der Schlucht werden dann stark zerpreßte, schwach südlich fallende Granatglimmerschiefer sichtbar. Die stark diaphthoritische Phyllitisierung der Granatglimmerschiefer weist darauf hin, daß die Decke des Tauernsystems, welche unter der Granatglimmerschieferserie liegt, dort in keiner sehr großen Tiefe vorhanden sein dürfte. Das vorwiegend südliche Einfallen ist darauf zurückzuführen, daß das Fenster des Tauerndeckensystems im Norden dieser Serie zutage tritt. Ich erblicke in der gegen Norden gerichteten Neigung der Granatglimmerschieferserie am Preber nördlich des Fensters und in der vorwiegend gegen Süden gerichteten Neigung der Granatglimmerschieferserie in der Lessachschlucht südlich des Fensters einen Beweis dafür, daß das Auftreten des Fensters durch eine spätere Faltung des Gebietes verursacht worden ist.

---

[1] A. Tornquist, Die Deckentektonik der Murauer und Metnitzer Alpen. Neues Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal. B. B. 41, 1916, p. 93 ff. — Die westliche Fortsetzung des Murauer Deckensystems und ihr Verhältnis zum Paaler Carbon. Sitzungsber. der Akad. d. Wiss. Wien, mathem.-naturw. Kl., I. Bd., 126, p. 155 ff.

b) Die Gesteinsserie des Tauerndeckensystems.

Die Gesteine innerhalb des Fensters sind am besten in dem Profil am Wege von Tamsweg über Haiden zum Prebersee und von diesem bis in den Aufstieg zum Preberkessel zu beobachten, eine gute Ergänzung bietet dann die Begehung der östlich des Lessachtales gelegene Erhebung vom Paß Prebersee — Lessach südlich über den Lerchner (1722 *m*) — Lercheck (1705 *m*) bis Wölting. Es sind ferner die Höhen zwischen dem Sauerfelder Seetal und dem Brandlbach und der vom Gummaberg gegen Wölting herabziehende hohe Kamm begangen worden. Die beiden letztgenannten Gebirgsteile weisen recht ungünstige Aufschlüsse auf.

Entsprechend der tektonischen Diskordanz zwischen dem umrandeten Gebirge der Granatglimmerschieferserie und dem Fenster des Tauerndeckensystems treten am Fensterrand jeweils sehr verschiedenartige Gesteine des letzteren mit dem Granatglimmerschiefer in Berührung. Nur am Nordrand ist vom Paß Lessach—Prebersee gegen Osten im Fenster als nördlicher Gesteinszug der vorbeschriebene lichte, stark verquarzte, Biotit fuhrende Gneisglimmerschiefer im Liegenden des Granatglimmerschiefers vorhanden. Im Westen dieses Passes gegen Lessach treten aber andere Gesteine, Kalke und Quarzite, an den Nordrand. Am Südrand ist der Gesteinswechsel des Fensterrandes ein größerer.

Dieser sehr verschieden ausgebildete Kontakt hat seine Ursache darin, daß das Streichen der Fenstergesteinsserie ein anderes ist als das der Granatglimmerschiefer. Letztere streichen fast genau westöstlich mit einen Strich in WSW—ONO (etwa Stunde 5), während die Gesteine im Fenster sehr wechselndes Streichen aufweisen und in diesem vorwiegend NW — SO gerichtet sind.

Der Almweg Tamsweg—Haiden — Prebersee tritt beim Aufstieg von Tamsweg zunächst in die jungtertiären Sande und verbackenen Schotter ein, deren Terrasse er bei Planitzer erreicht, vor dem weiteren Anstieg nach Haiden gelangt der Weg in die der tertiären Terasse aufgelagerte diluvale Moräne. Nördlich Haiden, am Eingang in die Südnordschlucht des vom Prebersee kommenden Baches, steht, rechts und links oberhalb des Weges sichtbar, saiger stehender Granatglimmerschiefer an, hinter dem der südlichste Kalkzug des Fensters beginnt. Die Granatglimmerschiefer sind am Wege selbst nicht wahrnehmbar, wohl aber beim Aufstieg gegen Osten, den Südrand des Kalkzuges entlang.

Der südliche Kalkzug tritt orographisch beiderseits der Schlucht in Form einer steilen Klippe auf. Im Westen bildet dieser Kalkzug eine steile, zum Ofner abfallende Wand. Dieser Kalk, eine innerhalb dieses Teiles des Tauerndeckensystems steckende Kalkdecke II. Ordnung, unterscheidet sich von den höher metamorphen, in dem Murauer Deckensystem befindlichen Marmoren dadurch, daß er meist nicht völlig krystallin ist, sondern teilweise noch körnige Struktur besitzt, so daß seine Körner selbst mit einer scharfen Lupe nicht aufgelöst werden können. Dieser Zug besteht aus lichten bis gelblichlichten, matten Kalken, welche den mesozoischen Habitus sehr deutlich verraten. Auf diese Struktur ist es zurückzuführen, daß diese Kalke einen matten Klang beim Hammerschlag geben, oberflächlich körnig verwittern und ab und zu Gebilde erkennen lassen, welche sicher noch nicht völlig zerstörte Fossilreste sind. Auch ist die stets vorhandene, deutlich gelbe Verwitterungsfarbe recht charakteristisch. Der Almweg zum Prebersee verquert diesen südlichen Kalkzug in einer Breite von etwa 600 *m*. Man erkennt an mehreren Stellen, daß die Kalkzone in sich stark kleingefaltet ist, so daß ein Bündel dicht aufeinander liegender Kleinfalten von zirka 50 *m* Länge ausgebildet ist. Diese kleinen liegenden Falten sind stellenweise nach Süden und andernorts nach Norden überkippt. Nördlich dieses Kalkzuges stellen sich schwach südlich fallende bis söhlig gelagerte gefältelte, Biotit führende, etwas chloritische, silberglänzende Gneisglimmerschiefer ein, die stark phyllitischen Habitus aufweisen. Bei der zweiten Mühle treten in ihnen auch Granaten auf. Dann folgen Bänke fester Grünschiefer. Nördlich dieser Zone folgen in erheblicher Ausdehnung in das Fenster eingefaltete Granatglimmerschiefer mit einem Einfallen von 35° in Nord, ihr Einfallen wird weiter nördlich steiler bis 65°, sie nehmen dann in zunehmendem Maße Quarzlinsenzüge und zusammenhängende Quarzschwielen in sich auf und enthalten auch dann noch reichlich Granaten. Je weiter nördlich, um so zerpreßter werden die Schiefer. Bei einer westlich bleibenden Brücke sind ihnen feste Bänke von Hornblendeschiefer und harten Amphiboliten eingelagert. Das Einfallen ist sehr wechselnd südwestlich, dann östlich. Diese Zone ist ungefähr 400 *m* breit. Sie ist durch feste, mehrere Meter mächtige Quarzschichten von NO fallenden chloritischen Schiefern getrennt, mit denen verwitterte Reste von Talkschiefer sichtbar werden, welche in NO einfallen. Es folgt dann eine zweite, nur 150 *m* breite Kalkzone, welche eine Kleinfaltung von eng aufeinander liegenden, meterlangen Falten zeigt, mit ostwestlichem Streichen und nördlichem Einfallen. Es folgt ein chloritischer Phyllit in saigerer Stellung, dem Quarzitbänke eingelagert sind, welche gegen Norden im Hangende in 45° nördlich fallende chloritische Glimmerschiefer übergehen. Am Wege sind dann bis kurz vor dem Prebersee keine Aufschlüsse mehr vorhanden. Scharf südlich des Prebersees wird aber die dritte, nördliche Kalkdecke mit steil gegen Norden und Süden gerichteten Abbrüchen sichtbar. Das Profil ist dann am Prebersee unterbrochen und erst hinter ihm, beim neuerlichen steilen Anstieg zu den Preberhütten durch die am Fuß des Golz-Prebermassivs ausgebildete diluvale Schliffkehle wird es klar, daß wir uns in dem lichten, Biotit führenden Gneisglimmerschiefer befinden.

Die drei Kalkdecken des Fensters lassen sich gegen Westen leicht bis über den Höhenzug südlich des Bodenmoosgrabens verfolgen. Der nördliche Kalkzug bildet dort die steile Kuppe des Lerchner (1722 *m*), an dessen Südwestabfall ein mit 40° in SSW gerichtetes Einfallen beobachtet wurde. Am Paß nördlich vom Lerchner streichen chloritische Phyllite durch vom Habitus der Becke'schen Serizit-Chlorit-Phyllite vom Edenbauer bei Tweng. Südlich des Lerchner wird eine wenig mächtige Partie westlich fallender Granatglimmerschiefer sichtbar, in denen reichlich Quarzlinsen eingeschaltet sind. Südlich folgt dann, über die Vorhöhe des Lerchnerkogls streichend, eine schmale Zone von mesozoischen Kalken, welche durch chloritische Glimmerschiefer von der breiten Kalkzone des Lerchnerecks getrennt sind, die ihrerseits der vorerwähnten II. Kalkzone entsprechen. Am Lerchkogl besitzt die Kalkzone, welche teilweise aus mattlichten Kalken von jurassischem Habitus, teilweise aus bläulichen dolomitischen Kalken besteht, eine bedeutende Entwicklung.

In den lichten Kalken gelang es mir, undeutliche Reste von Erinoidenstielgliedern und wenig deutliche Reste von kleinen Brachiopoden aufzufinden. Der graublaue dolomitische Kalk ist in die lichten Kalke eingefaltet. Es folgen dann nordöstlich fallende feinkörnige Gneisglimmerschiefer und noch einmal eine schmale Kalkzone. Am Paß südlich des Lerchnerecks setzt die Granatglimmerschieferzone ein, welche in der östlich gelegenen Schlucht zum Prebersee zwischen dem ersten und zweiten Kalkzug beschrieben worden ist. Der südliche Teil des Fensters ist in dem folgenden dicht bewaldeten Gebiet nicht nachzuweisen gewesen.

Östlich der Straße Haiden—Prebersee besteht die gesamte Südflanke des Sauerfelder Gebirges vom Sauerfelder Seetal bis zum Koglwald und zum Übergang westlich Eberwein aus Granatglimmerschiefer von sehr steil südlichem Einfallen, welche auf der Höhe, also wieder an der Grenze gegen das Fenster, reichliche Quarzlinsen und Quarzschwielen aufnehmen. Erst am Nordabfall des Eberwein tritt der Biotit führende Gneisglimmerschiefer des Fensters auf, welcher hier fast die ganze Breite des Fensters zusammenzusetzen scheint. Tiefer, am Nordgehänge dieses Gebirgszuges, bei der Raberalpe wird ein schmaler Zug von mesozoischen Kalken sichtbar, welcher die östlichste Fortsetzung des breiten Lerchnerzuges ist und von der Raberalpe im Zusammenhang gut bis zur Kalkrippe unmittelbar südlich der Prebersees verfolgt werden kann.

Das Resultat der Begehung des Fensters nördlich Tamsweg—Sauerfeld ist demnach, daß in ihm die von den Radstädter Tauern bekannten mesozoischen Kalke, Quarzite, Chloritserizitphyllite und feste Chloritquarzite auftreten. Neben ihnen sind vornehmlich am

Nordrand des Fensters und im Osten, allmählich fast die gesamte Breite des Fensters einnehmend, lichte Biotit führende Gneisglimmerschiefer entwickelt, welche in der Zone der Tauerndecke südlich des Radstädter Tauernpasses anscheinend nicht bekannt sind. Diese Gesteine besitzen im Fenster auch vorwiegend das nördlich Mauterndorf im Tauerndeckensystem herrschende nordwestlich-südöstliche Streichen, so **daß ihr Streichen im Fenster gegen das Streichen des umrandenden Granatglimmerschiefers deutlich divergiert.** Im Gegensatz zu dem gleichen Deckensystem, wie es nördlich Mauterndorf ausgebildet ist, sind die Fenstergesteine später stark gefaltet worden, so daß in zwei Zonen, zwischen der nördlichen und mittleren Zone und zwischen dieser und der südlichen Zone Züge des hangenden Granatglimmerschiefersystems eingefaltet sind. Im Gegensatz zu den Radstädter Tauern ist auch das gesamte Fenster hier, wie es die steil südlich fallenden Granatglimmerschiefer an der Südgrenze und die nördlich fallenden gleichen Gesteine nördlich der Nordgrenze des Fensters beweisen, durch eine spätere Auffaltung aus der Tiefe über Tag heraufgefaltelt worden.

Es bleibt der zukünftigen Forschung vorbehalten, die weitere Ausdehnung des Fensters gegen Osten und seine Zusammensetzung dort aufzuklären.

c) Die Serpentine und Talklager an der Nordgrenze des Fensters.

Der Talkbergbau im Bodenmoosgraben östlich Lessach bietet derzeit eine gute Gelegenheit, die Schichtenfolge dieser Gesteine genau festzustellen Die dort vorhandenen Aufschlüsse zeigen, daß die große Schubfläche zwischen dem basalen Tauernsystem und der hangenden Murauer Granatglimmerschieferdecke lokale Serpentineinschübe ausweist und daß die diese Einschübe begleitenden oder ihnen folgenden aufgestiegenen, an Magnesium reichen Wasser, die im unmittelbaren Kontakt befindlichen mesozoischen Kalke in sogenannten körnigen oder edlen Talk umgewandelt haben. Die gestreiften, aus dunklen bis schneeweißen Talkschichten bestehenden Talklager haben durch ihren Gehalt an Graphit noch deutlich das Aussehen der mit mehr oder weniger Bitumen durchsetzten ursprünglichen Kalke beibehalten und mitten in den Talkschichten sind auch stets noch Reste von Kalken als Kalklinsen von einer Ausdehnung bis zu mehreren Metern in unverwandelter Beschaffenheit verblieben. Es müssen also zwei Vorbedingungen für das Auftreten dieser Talke vorhanden sein, erstens ein Serpentineinschub und zweitens ein unmittelbarer Kontakt derselben mit einem Kalkzug des Tauerndeckensystems.

Der Bodenmoosbach hat eine in SW einfallende Schichtenfolge entblößt, in welcher als Hangendes im SW ein Granatglimmerschiefer sichtbar ist, welcher dem zwischen Lerchner und Lerchnereck eingefalteten Zug entspricht und dessen liegende Partie ein Kalkzug in geringer Mächtigkeit darstellt, welcher sich mit zunehmender Breite bis zum Lerchnerberge hinauf verfolgen läßt. Das Streichen der Schichtenfolge ist hier nahezu nordsüdlich, genau in Stunde 23. Im Bachbett erscheint unter dem genannten Granatglimmerschiefer zunächst ein zirka 10 *m* mächtiger Quarzithorizont von körniger Struktur und gelbbrauner Verwitterungsfärbung, unter diesem werden zersetzte Schiefer sichtbar, welche drei kleinere, teilweise verzweigte Talklager eingeschoben enthalten, sodann folgt ein mehrere Meter mächtiger Serpentin, auf ihn das obere Haupttalklager, der 8 bis 10 *m* mächtige mesozoische Kalkzug und hinter ihm nochmals Granatglimmerschiefer mit eingeschobenen Talken. Die Aufschlüsse im Bergbau sind diesem Profil analog. Der Franzstollen verquert Granatglimmerschiefer, gelangt sodann in ein Lager von Talkquarzitschiefern und in Glimmerschiefer von 30 *m* Mächtigkeit, dann durchfährt er zirka 20 *m* mächtigen Quarzit, dessen Liegendpartie Schiefereinlagerungen aufweist. Es folgt weiter im Liegenden ein weiches talkiges, nur 10 *cm* mächtiges Schiefergestein, dem neuerdings Quarzit folgt. Nunmehr stellen sich sehr stark verfaltete, Talk führende, lichtgrüne Serpentinschiefer ein und dann das Serpentinlager, ein lauchgrüner fester Serpentin. Unter ihm gelangt der Stollen in das Haupttalklager, welches teilweise aus grauem gebänderten Talk, teilweise aus schneeweißem oder lichtgrünem Talk, zum Teil auch aus dunklem graphischen Talk besteht, hinter diesem steht der Kalk.

Dieses Profil zeigt deutlich, daß die Gesteine auf einer intensiven Dislokationsebene liegen. Die starken Verfaltungen der talkigen Serpentinschiefer beweisen, daß zur Zeit oder unmittelbar nach dem Aufdringen des basischen Eruptivgesteins eine starke Gebirgsbewegung bestand und die Schichtenfolge beweist, daß eine intensive Vermischung der Granatglimmerschiefer und der Quarzite und teilweise der Kalke im kleinen erfolgt ist.

3. Die tektonischen Folgerungen.

Die vorstehende Beschreibung hat in der weiteren Umgebung des Fensters auf der Südflanke der Niederen Tauern den Nachweis dreier übereinanderlagernder Gebirgssysteme oder Decken höherer Ordnung erbracht: des Tauerndeckensystems, der Murauer Granatglimmerschieferdecke und der Turracher Carbondecke.

Dieser letztgenannten Decke wurde nur kurz Erwähnung getan, da ihre Lagerung im Grenzgebiet von Kärnten, Steiermark und Salzburg erst an anderer Stelle ausführlicher behandelt werden muß. Der erste Nachweis ihrer Ausbreitung bis in den Kern der Niederen Tauern konnte nur kurz beschrieben werden.[1]

---

[1] Ich darf hier nicht unterlassen, auf die von Holdhaus (Sitzungsber. der Akad. Wiss., Wien 1921, p. 19) gemachten Funde von fossilführenden Triassedimenten in der Turracher Decke hinzuweisen. Holdhaus hat durch die Funde

Die vorliegende Arbeit behandelt nur den nördlich und östlich von Tamsweg aufgefundenen Aufbruch des Tauerndeckensystems unter der Murauer Granatglimmerschieferdecke. Es ist damit der Nachweis erbracht, daß die letztere sicher in einem sehr erheblichen Teil tatsächlich von den Tauerndecken unterteuft wird. Die Lage des Fensters ist derart, daß als Mindestmaß des Aufschubes 10 *km* in Betracht kommen. Dabei zeigt die Ausbildung des Tauerndeckensystems noch keine wesentliche Abweichung von derjenigen bei Mauterndorf, so daß das Ausmaß der Überschiebung vermutsweise ein viel bedeutenderes sein dürfte.

Die Bewegung der Murauer Granatglimmerschieferdecke muß aber eine junge sein. Die mesozoischen Kalkzüge im Fenster lassen die Bewegung entweder vor- oder nachgosauisch erscheinen. Ich betrachte sie als nachgosauisch, kann aber die Beweise erst später bei der Besprechung der Tektonik der Turracher Decke erbringen.

Im einzelnen ist es von Interesse, daß die Tektonik innerhalb des Fensters, in der wir genau so wie in den Radstädter Tauern mehrere, äußerst stark in sich verfaltete Kalkzüge als Decken niederer Ordnung erkennen, die gleiche ist, durch welche das Tauerndeckensystem bei Mauterndorf ausgezeichnet ist. Schief zu dem fast genau ostwestlichen (in Stunde 5) Streichen, welches in den oberen Decken herrscht, ist im Fenster ein nordwestlich-südöstliches Streichen wahrnehmbar. Es scheinen die einzelnen Kalkzüge oder Teildecken im Fenster damit keineswegs als eine Fortsetzung der Mauterndorfer Decken, sie bilden weiter östlich gelegene, ihnen parallel ziehende Züge. Die mesozoischen Kalkteildecken des Fensters werden auch, wenigstens soweit es unsere heutige Kenntnis der Niederen Tauern zu beurteilen gestattet, keineswegs im gleichen Streichen nördlich der Katschberglinie zwischen dem Weißbriach- und Lessachtal wiederum sichtbar.

Dieser Umstand erheischt eine besondere Erklärung. Um diese zu geben, müssen wir auf die Ursache eingehen, welcher das Erscheinen des Fensters über Tag zuzuschreiben ist. Es wurde nachgewiesen, daß das Fenster durch eine junge Faltung dieses Gebirges, welche sich auch durch die Einfaltung von Teilen der Granatglimmerschieferserie in die Gesteine des Fensters bemerkbar macht, aus der Tiefe herausgefaltet wurde. Die steile und stets vom Fenster abgewandte Neigung der das Fenster umrandenden Granatglimmerschiefer liefert einen Beweis hierfür. Diese Faltung wird aber vom Tamsweger Gebiet bis in die Niederen Tauern hinein ständig intensiver und hat schließlich das

---

eine Entdeckung gemacht, welche von allergrößter Bedeutung für die Tektonik der südlichen Zentralalpen ist. Er hat nachgewiesen, daß zumindest der größte Teil der früher für Carbon angesprochenen Kalke unter dem Obercarbon der Turracher Decke Mesozoikum ist. Ein tektonisches Aquivalent der Radstädter Decke liegt hier aber keineswegs vor.

Schladminger Massiv bis über die höchsten Erhebungen des Gebirges (Hochgolling) emporgebracht.

Daraus ergibt sich, daß der im Fenster sichtbare Teil des Tauerndeckensystems einer mehr oberflächlich gelegenen Partie in diesem System angehört als der nördlich der Katschberglinie in den Niederen Tauern erscheinende. Man erkennt hieraus demnach, was leicht verständlich erscheint und in Profilen anderer Autoren auch dementsprechend bereits zum Ausdruck gekommen ist, daß die Kalkteildecken nach der Tiefe zu auskeilen. Ich habe mich bemüht, bei der Begehung des Gebietes bereits direkt eine Verminderung der Mächtigkeit der Kalkzüge vom Lerchner und Lerchnereck bis auf die Sohle der von Haiden zum Prebersee führenden Schlucht zu beobachten. Die gemachten Beobachtungen sind aber nicht derart, daß auf die zirka 500 *m* betragende Niveaudifferenz bereits eine Mächtigkeitsverminderung der Kalkzüge als erwiesen anzusehen wäre.

Im übrigen liefert auch der Fund des Fensters wiederum einen unumstößlichen Beweis für die Deckennatur des Murauer Gebietes und für die alpine und nicht varistische Natur des Gebirgsbaues dieses Gebietes.

Alle Versuche dieses zu leugnen, laufen, um mich eines von Kober kürzlich gebrauchten Ausdruckes zu bedienen, auf eine Entstellung und nicht auf eine Darstellung der tatsächlichen Verhältnisse hinaus.

Zur Kenntnis einiger fossiler Floren des unteren Lias der Sukzessionsstaaten von Österreich-Ungarn

Von

Dr. Fridolin Krasser

(Vorgelegt in der Sitzung vom 24. November 1921)

Vorwort und Historisches.

In jüngster Zeit sind die mesozoischen Kohlenlager Österreichs in den Vordergrund praktischen und wissenschaftlichen Interesses getreten. Sie bergen eine höchst interessante fossile Flora. Vorliegende Arbeit befaßt sich mit den fossilen Floren des unteren Lias der österreichischen Voralpen; ferner von Fünfkirchen im ungarischen Komitat Baranya, von Steierdorf im Banat und von Kronstadt in Siebenbürgen.

Eine kritische Übersicht über diese Floren fehlt bis heute, obschon bereits Schenk 1867 in seiner »Fossilen Flora der Grenzschichten« eine »Übersicht« und Stur 1871 in seiner »Geologie der Steiermark« eine »Tabelle« der fossilen Flora des alpinen Lias und des Lias von Fünfkirchen und Steierdorf gegeben haben. Stur hatte auch vorher schon in einem »Reisebericht« 1865 auf Arten dieser Floren reflektiert und dann speziell 1872 über die Liasflora von Kronstadt Mitteilungen gemacht. Ich selbst habe 1908 die Flora des unteren Lias der österreichischen Voralpen zum Vorwurf einer Abhandlung genommen und später auch Bestimmungen neuerer Pflanzenfunde im Lias von Kronstadt in einer Abhandlung von Toula bekanntgegeben. Die von Hantken 1873 gegebenen Übersichten über die fossile Flora von Fünfkirchen und Steierdorf bieten lediglich Namen, sie gehen im wesentlichen nicht über die alten Mitteilungen hinaus.

Die vorliegende kurze Bearbeitung beruht auf gründlicher und wiederholter Untersuchung des in den Sammlungen der Geologischen Reichsanstalt und des Naturhistorischen Museums in Wien aufbewahrten Schatzes fossiler Pflanzen des in Rede stehenden Gebietes. In der Literatur werden vielfach nomina nuda gebraucht. In den Sammlungen finden sich andrerseits Stücke neu benannt (nomina musealia), Namen, die sich teils mit einem oder dem andren nomen nudum decken, wodurch er aufgeklärt wird, teils sich lediglich in der Originalsammlung oder auch bei Tauschobjekten in andren Sammlungen finden. Eine kritische Revision der Arten, welche die fossile Flora des unteren Lias der Sukzessionsstaaten Österreich-Ungarns zusammensetzen, war um so mehr geboten, als die pflanzenführenden Schichten gerade dieses Liasgebietes auch seitens der Geologen stratigraphisch[1] genauer festgestellt sind. Die vorliegende Arbeit kann nichts andres sein, als ein Prodromus einer Monographie einer der reichsten Liasfloren überhaupt, deren Arten meist in Prachtstücken in den Wiener Sammlungen vertreten sind. Ihre Abbildung ist unter den gegenwärtigen Verhältnissen leider unmöglich. Sie muß dem Monographen vorbehalten bleiben.

Bei den einzelnen Arten wurde nur die allerwichtigste Literatur, und zwar abgekürzt zitiert. Es enthält demgemäß die Literaturübersicht am Schlusse der Abhandlung die genauen Zitate. Die Angaben über die geographische Verbreitung der Arten außerhalb des Gebietes wurden im allgemeinen auf Nürnberg und Hör beschränkt.

Vorliegende Arbeit, das Ergebnis langwieriger und zeitraubender Untersuchungen, hätte niemals vollendet werden können, hätte ich mich nicht in der Geologischen Reichsanstalt und im Naturhistorischen Museum des liberalsten Entgegenkommens erfreut. Dafür auch an dieser Stelle verbindlichst zu danken, ist mir Erfüllung einer angenehmen Pflicht.

Systematische Übersicht und kritische Revision der Arten.

I. Filicales.

Von den echten Farnen sind nur die Polypodiaceen, Dipteridiaceen, Matoniaceen, Osmundaceen und Schizaeaceen vertreten, und zwar Dipteridiaceen und Osmundaceen im ganzen Gebiete, Matoniaceen hauptsächlich in Steierdorf, Schizaeaceen nur in den Voralpen. Polypodiaceen nur in Steierdorf. Die häufigsten Farne gehören den Gattungen *Todites* Sew. und *Dictyophyllum* L. et H. an.

---

[1] Man vgl. hierzu die in der »Literaturübersicht« genau zitierten Abhandlungen von Andrae, Lipold, Stur, Traut und Toula.

Polypodiaceen.

Praedeparia Stur nom. mus. gen. nov.

1. **P. banatica** Stur nom. mus.

Fundort: Steierdorf (Dreifaltigkeitsschacht, im Liegenden des Liegendflötzes).

Es liegen vor ein Handstück mit drei doppelt gefiederten Spindelstücken, fertil, ein Handstück mit mehreren teilweise übereinander liegenden Fiedern vorletzter Ordnung mit fertilen Fiederchen, sowie ein Handstück mit drei Fiedern vorletzter Ordnung.

In der Literatur fand ich unter den beschriebenen und abgebildeten Farnen weder Gleiches noch im wesentlichen Ähnliches. Hingegen zeigte sich nach den Abbildungen in Greville et Hooker, Icon. filic. tab. 154, Übereinstimmung in den wesentlichen Merkmalen mit *Deparia*. Christ[1] erblickt in *Deparia* Hook et Grev. eine künstliche Gattung, welche Formen von *Aspidium* Swartz und *Athyrium* Roth umfaßt, welche randständige und über den Rand hinaustretende, selbst etwas gestielte Sori, deren Indusium aus einer unterständigen seicht-becherförmigen Membran[2] besteht, besitzt.

Die zitierte Tafel 150 von Greville et Hooker bezieht sich nach Christensen auf *Athyrium proliferum*. Dieses ist bei Christ nach Hillebrand als *A. deparioides* (Brackenr.) beschrieben und abgebildet.

Die Fiedern letzter Ordnung fließen bei *Praedeparia banatica* zusammen, so daß sie als Segmente der Fiedern vorletzter Ordnung erscheinen. Die Segmente besitzen einfach gefiederte Nerven, welche kräftig hervortreten und in die Zähne austretend die marginalen Sori tragen, deren Indusium eine flache Schüssel bildet. Die Spindeln sind an den erhaltenen Fragmenten mehrstreifig der Länge nach und flach. Die Textur der wenigstens zum Teil durch einen herablaufenden Saum verbundenen Segmente war jedenfalls fest, kaum lederig.

Breite der Spindeln 2 bis 4 *mm*, des sich verjüngenden Medianus der Segmente an der Ursprungsstelle 0·5 *mm*. Länge zur Breite der Segmente etwa 25 zu 7 *mm*. Entfernung zwischen zwei benachbarten Segmen, am Medianus derselben gemessen, 10 bis 8 *mm*, Spitzenpartien der Fiedern vorletzter Ordnung liegen nicht vor. Die Maße beziehen sich auf grund- und mittelständige Segmente.

---

[1] Christ H., Die Farnkräuter der Erde, Jena 1897, p. 223, 230, Fig. 707: *Athyrium deparioides*, 731 *Deparia Moorei*.

[2] *Polypodium (Depariopsis) deparioides* Baker besitzt kein Indusium, gleicht jedoch sonst nach Christ der *Deparia Moorei*.

Die Entfernung der Ursprungsstellen je zweier segmentierter Fiedern wurde an einer zwei Fiederpaare tragenden Spindel mit 60 *mm* gemessen. Sowohl die segmentierten Fiedern als die Segmente sind gegenständig oder doch fast gegenständig angeordnet.

Matoniaceen.

Es wurden festgestellt *Laccopteris* in den Voralpen und in Steierdorf, *Andriania* in Fünfkirchen und Steierdorf, letzteren Ortes auch eine neue Art von auffallendem Habitus, sowie *Gutbiera* bloß in Steierdorf.

2. Laccopteris elegans Presl.

Krasser, Voralpen, p. 442.

Fundort: Voralpen, Steierdorf.

Worauf sich *Laccopteris* Schenk, Übers. (Steierdorf und Voralpen) sowie *Laccopteris* cf. *Münsteri* Stur, Tab. beziehen, ist Mangels von Originalen halber nicht zu entscheiden.

3. Andriania baruthina F. Braun,

non Andrae, Steierdorf, p. 36 und Taf. VII, Fig. 1 bis 3.

Vorkommen: Steierdorf und Fünfkirchen. — (Nürnberg, Hör).

Die Exemplare der Geologischen Reichsanstalt gleichen den Abbildungen in Schenk, Grenzsch., wo sich übrigens p. 227 mit Beziehung auf Andrae's Angabe die Bemerkung findet ...»eine *Laccopteris* von Andrae als *Andriania baruthina* beschrieben«. Unabhängig davon gibt Gothan (Nürnberg, p. 101) an, daß Andrae's Original (Museum für Naturkunde in Berlin) »überhaupt nicht zu *Andriania*« gehöre. Seward, Jur. Fl. I, vergleicht mit *Lacc. polypodioides* (Brongn.) Sew.

4. Andriania spectabilis (Stur nom. mus.) n. sp.

Synon.: *Laccopteris spectabilis* Stur nom. mus.

Vorkommen: Steierdorf.

Auch in Nürnberg, Gothan, p. 102, Taf. 17, Fig. 6, 7, kommt eine sehr ähnliche Art vor, desgleichen in Sardinien, Krasser, Sard., p. 6, im Dogger ein habituell gleicher als *Laccopteris* angesehener Farn, der jedoch noch näher zu untersuchen ist.

Andriania spectabilis besitzt dicke (bis fast 5 *mm* breite) Spindeln, an welchen lange, weit mehr als 100 *mm* Länge erreichende Fiedern letzter Ordnung sitzen von mehr oder weniger

10 *mm* Breite. Diese Fiedern sind bandförmig und zeigen noch keine Verjüngung gegen die Spitze. Doch zeigt ein kleines Handstück mit ebenso breiter Spindel bei einer Länge der Fiedern von 50 *mm* eine Verjüngung der Breite von 10 auf 4 *mm*. Die Fiedern sind wechselständig dicht, jedoch nicht bis zur Berührung gestellt. Sie werden von einem kräftigen, 0·4 *mm* dicken Mittelnerven durchzogen, von welchen aus die schwer zu beobachtende Nervatur teils aus einfachen, teils aus basal einfach gegabelten Nerven mit Gabelung der inneren oder der äußeren Zinke entspringt. Sehr ausgeprägt ist die von Gothan als für *Andriania* charakteristisch angesehene Felderung der Spreite, welche wenigstens bei *Andriania spectabilis* von recht derber Beschaffenheit ist. Die Sori sind vom Typus der *Andr. baruthina*, der Darstellung Schenk's, Grenzsch., Taf. 21, entsprechend.

5. **Gutbiera angustiloba** Presl.

Vorkommen: Steierdorf. — (Hör, Nürnberg.)

Dafür halte ich einige Reste, die im Habitus an *Matonidium Goepperti* (Ettingsh.) Schenk, besonders Taf. 31, Fig. 5 bis 8 in Schimper's Atlas, sowie an *Laccopteris mirovensis* Racib., Flora kopalna, Taf. 12, Fig. 22, erinnern. Ersteres gehört bekanntlich der Wealdenflora an, letztere Art dem Lias von Grojec.

Dipteridiaceen.

Es wurden festgestellt *Hausmannia* in den Voralpen und in Steierdorf, *Clathropteris* nur in Fünfkirchen, *Dyctiophyllum* insbesondere in mehreren Varietäten von *D. Nilssoni* im ganzen Gebiete, *Thaumatopteris* ebenfalls in reicher Differenzierung.

6. **Hausmannia Buchii** (Andr.) P. B. Richter.

Synon.: *Protorhipis Buchii* Andr., Steierdorf, p. 36 und Taf. 8, Fig. 1.
Krasser, Voralpen, p. 446.

Vorkommen: Steierdorf (loc. class.!), Voralpen. — (?Hör).

7. **H. Zeilleri** P. B. Richter.

1906. Die Gattung *Hausmannia* Dunker, p. 21 und Taf. 7, Fig. 17.
Synon.: *Protorhipis Buchii* Zeiller, Rev. gén. de Bot. Tom. 9, Revue, p. 51, Taf. 21, Fig 1 bis 5.

Vorkommen: Steierdorf (loc. class.!) endemisch.

8. Clathropteris meniscioides Brongn.[1]

Stur, Reiseber., p. 176.

Vorkommen: Fünfkirchen. — (? Hör.)

Bei Schenk, Übers. und Stur, Tab. als *C. Münsteriana* für das gesamte Gebiet angegeben, bei Stur, Reiseber., p. 202, als *Clathropteris platyphylla* für Fünfkirchen,

9. Dictyophyllum L. et H.

Wegen der Abgrenzung von *Dictyophyllum* gegenüber *Thaumatopteris* verweise ich auf Nathorst's Abhandlung über *Thaumatopteris Schenkii*, bezüglich der Varietäten auf seinen Bidrag till Sveriges fossila Flora und die von ihm revidierte deutsche Ausgabe (Beiträge zur fossilen Flora Schwedens), welche auch neue Beobachtungen und Schlüsse enthält, die einander also ergänzen. Insbesondere aber ist in dieser Beziehung desselben Autors Abhandlung »Über *Dictyophyllum* und *Camptopteris spiralis*« von Wichtigkeit.

10. D. Nilssoni Goepp.

Krasser, Voralpen, p. 445; Schenk, Übers.; Schenk, Tab.

Synon.: *Camptopteris Nilssoni* Andrae, Steierdorf cf. *Dictyophyllum rugosum* Sew., Jur Fl. 1.

Vorkommen: Im ganzen Gebiete. In Kronstadt spärlicher Rest.

In dem von mir eingesehenen Material konnte ich folgende Formen und Varietäten nachweisen:

1. *genuinum* Nath. — Krasser, Voralpen, p. 445.
   Vorkommen: Voralpen, Fünfkirchen. — (? Hör.)
2. *brevilobatum* Nath.
   Vorkommen: Fünfkirchen, Voralpen, Steierdorf. — (Hör.)
3. *longelobatum* Nath., Beitr., p. 14.
   Vorkommen: Alpen. — (Pålsjö).
4. var *hoerense* Nath. *Dictyoph.*, p. 7. — Krasser, Voralpen, p. 445.
   Vorkommen: Fünfkirchen, Voralpen. — (Hör.)

11. D. Bartholini Moell.

Krasser, Voralpen, p. 445.

Vorkommen: Voralpen. — (? Nürnberg.)

---

[1] Über die Fassung des Artbegriffes siehe Nathorst, A. G. Bemerkung über *Clathropteris meniscioides* Brongn., Sv. vet. ak. Hdlg. Bd. 41, Nr. 2, 1906.

12. **D. Münsteri** (Goepp.) Nath.

Synon.: ? *D. Münsteri* Krasser, Voralpen, p. 446.

Vorkommen: Voralpen.

13. **D.** sp. nov. an **D. Nilss. f. brevilobatum juvenile.**

Vorkommen: Steierdorf.

Nur in einem Exemplar vertreten ist der Abdruck von zwei kleinen, unvollständigen *Dictyophyllum*-Fächerblättern, von denen das eine die Form vollständig erkennen läßt. Es zeigt sieben am Grunde zusammenfließende Fiedern von höchstens 7 *cm* Länge kerbig gezähnt, Primär- und Sekundärnerven treten kräftig hervor, Textur derb.

Es ist das Original von Stur's *D. banaticum* nom. mus.

Bei naiver Betrachtung erinnert es habituell an ein siebenlappiges *Aralia*-Blatt. Da in Steierdorf *Dictyophyllum Nilssoni brevilobatum* vorkommt, dürfte es sich um Primärblätter dieser Form, also die Beblätterung jugendlicher Individuen derselben handeln.

Thaumatopteris Goepp. emend. Nath.

Die Arten dieser Gattung sind von besonderem Interesse, da sowohl *Th. Brauniana* Popp als *Th. Schenkii* Nath. in zwei Parallelformen und überdies eine neue Art nachgewiesen werden konnten. Schenk Übers. gibt *Th.* sp. *Brauniana* aff., Stur, Tab. Th. cf. *Brauniana* an.

14. **Th. Brauniana** Popp emend. Nath.

Vorkommen: Im ganzen Gebiete.

Da Popp Abbildungen nicht veröffentlicht und seine Beschreibung auf Belegstücke gegründet ist, die zum großen Teile jedenfalls der später erst von Nathorst unterschiedenen *Th. Schenkii* angehören, so sind wir über erstere weitaus weniger unterrichtet, als über letztere. Popp's Angaben über Größe der Wedel und Fiedern sind jedenfalls nicht in erster Linie auf *Th. Brauniana* zu beziehen, denn Schenk, Grenzsch., p. 74, sagt ausdrücklich: »Popp nennt allerdings die sekundären Segmente seiner Art ganzrandig, allein an dessen mir zahlreich mitgeteilten Exemplaren ist der Rand der Lappen fast nirgends frei, da wo er aber frei liegt, ist er auch gekerbt. Ich möchte deshalb glauben, daß die Art stets gekerbte Segmente hat«. Nun sind aber gerade ungekerbte Segmente für *Th. Brauniana* Popp emend. Nath charakteristisch.

Von dem fränkischen Originalfundorte ist überhaupt nur ein kleines Bruchstück einer entwickelten fertilen Primärfieder abgebildet, denn nur Schenk, Grenzsch., Taf. 19, Fig. 1, 1 *a*, 1 *b*, beziehen sich auf *Th. Brauniana* Popp emend. Nath., während die übrigen Schenk'schen Figuren sich auf die später von Nathorst abgetrennte *Th. Schenkii* beziehen, die er nach den Prachtexemplaren von Stabbparp (Mittleres Rhät) ausführlich beschrieb und reichlich abbilden konnte. Von Fundorten außerhalb Frankens sind gleichfalls nur spärliche Fragmente abgebildet.

In den Voralpen fanden sich speziell im Unterlias von Grossau und Pechgraben sehr ansehnliche Bruchstücke von Primärfiedern, mittlere und Spitzenpartien, so daß man nun mit Sicherheit auch die typische *Th. Brauniana* als einen ansehnlichen Farn bezeichnen kann, der *Th. Schenkii* an Dimensionen nicht nachsteht. Es liegen auch fertile[1] Segmente (Fiedern letzter Ordnung) vor. Von *Th. Brauniana* lassen sich zwei Varietäten unterscheiden, nämlich

1. var. *genuina:* Fiedern letzter Ordnung von ansehnlicher Breite und Länge. Mittlere Fiedern letzter Ordnung können bis 15 *mm*[2] Breite und mehr als 100 *mm* Länge erreichen. Von der Ursprungsstelle verjüngen sie sich allmählich gegen die Spitze, bei 80 *mm* sind sie noch 9 *mm* breit. Fieder letzter Ordnung in der Spitzenregion von 43 *mm* Länge verjüngt sich von einer basalen Breite von 9 *mm* allmählich auf 4 *mm* in 12 *mm* Entfernung von der Spitze und schärft sich dann rasch zu.

   Vorkommen: Fünfkirchen, besonders in den Voralpen, scheint in Steierdorf zu fehlen.

2. var. *angustior:*[3] Fiedern letzter Ordnung 3 bis 6 *mm* breit bei einer Länge von zumeist 30 bis 50 *mm*. Nach den vorhandenen Bruchstücken kann man Primärfiedern von über 30 *cm* Länge und mindestens 10 *cm* größter Breite voraussetzen. Die einzelne Fieder letzter Ordnung ist lineal, besitzt einen kräftigen, sich verjüngenden, in die Spitze auslaufenden Mittelnerv und zarte Sekundärnerven von derselben Gestaltung und Anastomosenbildung wie *Th. Brauniana, Th. Fuchsii* und *Th. Schenkii*. Fertile Fiedern sind noch nicht bekannt.

   Vorkommen: Nur in Fünfkirchen, häufig!

Schon Nathorst, *Thaumatopteris Schenkii*, p. 7, erklärt, daß *Dictyophyllum Fuchsii* Zeiller aus Tonkin so nahe stehe, daß man sogar die Identität mit *Th. Brauniana* Popp vermuten könne. Allerdings erwähnt Zeiller auch sägig gezähnte Fiedern letzter Ordnung. Das würde freilich auch auf das Vorhandensein einer der *Th. Schenkii* Nath. mindestens nahestehenden Art hindeuten. Ich habe unabhängig von Nathorst unter der Aufschrift *Dictyophyllum* spec. *determinandae*, Voralpen, p. 446, auf die Ähnlichkeit der *Thaumatopteris* des alpinen Lias mit *Dictyophyllum Fuchsii* Zeiller und mit »gewissen Formen von *Dictyophyllum Münsteri* Nath. (z. B. *Th. Münsteri* var. *longissima* Goepp.)« hingewiesen. Meine Bemerkung betrifft die nun als *Th. Brauniana* Popp emend. Nath. und *Th. Schenkii* Nath. sichergestellten Exemplare.

---

[1] Die von Schenk, Grenzsch., Taf. 18, Fig. 2 abgebildeten Sporangien gehören zu *Th. Schenkii*!

[2] Seltener mehr, z. B. 17 *mm*.

[3] *Thaumatopteris* (?) *tenuifolia* Stur nom. nud. Tab. bezieht sich vielleicht auf diese Reste.

Bezüglich der *Dictyophyllum*-Arten von Tonkin möchte ich an dieser Stelle bemerken, daß *D. Fuchsii* und *D. Remuryi* sowie *D. Sarranii* Zeiller typische *Thaumatopteris* sind. Mit *Th. Brauniana* läßt sich jedoch *Th. Fuchsii* (Zeill.) nicht vereinigen. Es steht dieser Art jedoch sehr nahe, scheint aber schmälere Fiedern letzter Ordnung und viel bedeutendere Dimensionen zu besitzen. Die terminalen Partien des Blattes kommen *Th. Brauniana* var. *angustior* nahe. Eine nähere Vergleichung der *Thaumatopteris* von Tonkin mit den europäischen Vorkommissen dürfte verschiedene Parallelformen ergeben.

15. Th. Schenkii Nath.[1]

Vorkommen: Fünfkirchen und Steierdorf. Von den voralpinen Fundorten noch nicht bekannt.

Schöne Exemplare liegen mir von Fünfkirchen vor. Sie entsprechen meist, mit den Abbildungen von Nathorst, *Th. Schenkii*, Taf. 1 und 2, verglichen, mittleren Partien von Primärwedeln. Sie repräsentieren die typische Form. Von Steierdorf sind mir nur schmächtigere Exemplare bekannt. Man kann also unterscheiden:

1. var. *genuina:* Fiedern letzter Ordnung von 8 *mm* Breite, am Grunde allmählich sich verjüngend (wie *Th. Brauniana genuina*) und bis mehr als 140 *mm* Länge erreichend (meist über 90 *mm*). Diese Fiedern sind also länger als bei den Exemplaren von Stabbarp.

   Vorkommen: Im Gebiete nur in Fünfkirchen. — (Hör.)

2. var *angustior:*[2] Fiedern letzter Ordnung nur 4 *mm* breit und bis 40 *mm* lang.

   Vorkommen: Nur in Steierdorf. — (Nürnberg.)

---

[1] Wegen des Baues der Sporangien vgl. man insbesondere Halle T. G., On the sporangia of some mesocois Ferns, Arkiv för Bot., Bd. 17, Nr. 1 (1921).

[2] Moeller, Bornholm, p. 6, 7, gibt für *Th. Schenkii* als Fundorte auch an »Banat: Fünfkirchen«. Diese Angabe, nämlich Fünfkirchen (Banat ist eine irrige geographische Erläuterung), geht wohl auf Schenk, Grenzsch., p. 74, zurück, wo im Anschlusse an die später als *Th. Schenkii* erkannten Spezimina ein Exemplar Sturs von Fünfkirchen erwähnt wird, das »vielleicht Andrae's *Polypodites crenifolius*« sei. Nach Andrae's Zitaten müßte letzterer jedoch eine *Laccopteris* sein. Es kann nach dieser Sachlage eine sichere Deutung des *Polypodites crenifolius* Andrae, Steierdorf, p. 31 erst nach Auffindung der Originale versucht worden.

16. Th. Sturii sp. nov.

Synon.: *Th. pterophylloides* Ettingsh. nom. nud. bei Hantken et mus.

Vorkommen: Voralpen (nur Pechgraben), Prachtstücke aus Fünfkirchen.

Typische *Thaumatopteris*-Nervatur. Fiedern letzter Ordnung linealisch parallelseitig, 2 *mm* breit und über 20 *mm* lang, ganzrandig mit deutlichem Mittelnerv, der Spindel von Fiederbreite wagrecht oder unter einem Winkel bis 45° entspringend, und zwar in Entfernungen von mehr oder weniger 10 *mm*, fast gegenständig. Die Spindel ist durch einen die Fiederchen verbindenden Laminarsaum schwach geflügelt.

Th. Sturii erinnert habituell an *Polypodites? Angelini* Nath. (wahrscheinlich ein *Dictyophyllum*) aus dem Rhät von Helsingborg (Taf. 8, Fig. 7, nicht die übrigen), sowie an Bruchteile von *Dictyophyllum Münsteri* var. *longissima* Goepp., *Th.* (recte *Dictyophyllum*) *exilis* Sap. und *Dictyophyllum Dunkerianum* Nath. Im Museum der Geologischen Reichsanstalt ist der hier als *Th. Sturii* n. sp. beschriebene Rest als *Th. angustissima* Stur bezeichnet, aber ebenso auch die *Th. Schenkii* var. *angustior*. Ich habe daher den Stur'schen Musealnamen als mehrdeutig nicht aufgenommen und die Art von Pechgraben nach Stur benannt. Ein Prachtexemplar nur im Naturhistorischen Museum.

? Osmundaceen.[1]

Nur die Gattung *Todites* Sew. ist vertreten. Prachtexemplare liegen insbesondere aus den Voralpen und von Steierdorf vor, schöne Stücke auch von Fünfkirchen. Die größte Verbreitung hat *Todites denticulata* (Brongn.), *T. Goeppertiana* (Münster) kommt nur in den Voralpen und in Fünfkirchen vor, *T. Williamsonii* (Brongn.) Sew. und *T. lobata* (O. et. M.) nur in den Voralpen.

17. Todites Williamsonii Sew.

Synon.: *T. Williamsonii* Krasser, Voralpen, p. 444 ex parte.

Nur Exemplare von Hinterholz, sterile und fertile, gehören dieser Art an. Die übrigen von mir l. c. hinzugezogenen gehören zu

---

Jedenfalls liegt von Steierdorf *Laccopteris polypodioides* (Brongn.) Sew. nicht vor, womit Seward, Jur. Fl. I, p. 26, *Polypodites crenifolius* Andrae identifiziert. Es muß aber zugegeben werden, daß zur Zeit, als Andrae seine Abhandlung schrieb (1854), die heute als *Th. Schenkii* bezeichneten Fossilien nach Brongniart's Histoire, Taf. 132, 133, nicht anders als *Phlebopteris crenifolia* Phil. zu bestimmen waren. Es kann sich darnach möglicherweise um *Th. Schenkii* var. *angustior* handeln!

[1] Wegen der Sporangien vgl. Halle Th. G., On the fructifications of Jurassic Fern — leaves of the *Cladophlebis denticulata*-type. Arkiv för Bot., Bd. 10, Nr. 15, 1911.

18. T. **Goeppertiana** (Münster) Krystof.

Synon.: *Alethopteris* cf. *whitbiensis* Stur, Tab. ex parte und *Alethopteris* sp. *whitbiensi* aff. Schenk, Übers. ex parte. — *T. Williamsonii* Krasser, Voralpen, p. 445 ex parte. — *Speirocarpus*[1] *Goeppertianus* Stur nom. mus.

Vorkommen: Voralpen und Fünfkirchen.

19. T. **denticulata** (Brongn.)

Synon.: *Alethopteris* sp. *whitbiensis* aff. Schenk, Übers. ex parte. — *Alethopteris* cf. *whitbiensis* Stur, Tab. ex parte. — *Cladophlebis nebbensis* Krasser, Voralpen, p. 444. — *Speirocarpus grestenensis* Stur nom. mus.

Vorkommen: Voralpen, Fünfkirchen und Steierdorf. — (Hör, Nürnberg.)

Die von Andrae, Steierdorf, p. 32, angegebene *Alethopteris Phillipsi* Goepp. wird von Seward l. c. nach den Zitaten als ? *Cladophlebis dentata* Brongn. betrachtet. Die Zitate zu *Alethopteris dentata* Andr. l. c., p. 33, werden teils zu *Todites Williamsonii* teils zu *Cladophlebis denticulata* gezogen. *Alethopteris whitbiensis* Andr. l. c., p. 33, endlich wird durch Zitation Brongniart'scher Abbildung begründet, die heute zu *T. Williamsonii* zitiert werden. Sollten die Andrae'schen Originale in Berlin aufgefunden werden, so dürfte sich wahrscheinlich ergeben, daß sie sich auf Bruchstücke aus verschiedenen Regionen eines Blattes von *T. denticulata* (Brongn.) beziehen.

Schon Stur, Reiseber. 1865, hat darauf hingewiesen, daß die Originalien von *Alethopteris Roesserti* Schenk gleich der Steierdorfer Pflanze reichlich gezähnelte Fiederchen tragen, er hält die fränkische und die Art von Steierdorf für identisch und gibt auch die Merkmale des »eigentlichen *Alethopteris Roesserti*, wie sie von Presl aufgestellt wurde« an. Bekanntlich wurde diese Presl'sche Art, gleich *Alethopteris whitbiensis* (Brongn.) Goepp.,[2] von den Autoren vielfach verkannt und kombiniert, was auf Nichtbeachtung der Nervationsverhältnisse beruht. Nach der Abbildung Presl's hat das Presl'sche Original (ein terminales Fiederfragment vorletzter Ordnung) eine ganz ähnliche Nervatur wie *Pecopteris haiburnensis* L. et H., nämlich ebenso dicht, wie sie bei Lindl. et Hutton, Foss. Fl. Br., Taf. 187, dargestellt ist und durchaus nicht vom Charakter der Nervatur von *T. Williamsonii* und *T. Goeppertiana*. Letzteres wird aber vorausgesetzt, wenn man gleich Zeiller, Tonkin, p. 38, auch *Acrostichites Goeppertianus* (Münster) Schenk als Synonym betrachtet.

---

[1] Über *Speirocarpus* siehe Krasser, Diagnosen, p. 10.

[2] *Pecopteris whitbiensis* Brongn. ist mit *T. Williamsonii* (Brongn.) Sew., *Pecopteris whitbiensis* L. et H., teils mit *T. Williamsonii*, teils mit *Cladophlebis denticulata* (Brongn.) Racib. synonym!

Ich habe den Eindruck gewonnen, daß Schenk's *Asplenites Roesserti* (Presl) aus dem Lias Frankens ein Farn vom Typus der *T. denticulata* (Brongn.) ist. Dasselbe gilt von *Cladophlebis Roesserti* Antevs von Hör und *T. Roesserti* Goth. von Nürnberg.

20. **Todites lobata** (Old. et Morr.)

Synon.: *Pecopteris? (Asplenites) lobata* Krasser, Voralpen, p. 443.

Vorkommen: Voralpen.

Sehr ähnlich *T. princeps* (Presl) Goth., jedoch durch die längeren Fiederchen davon verschieden. *T. lobata* ist stets doppelt gefiedert, das basale untere Fiederchen der Fieder vorletzter Ordnung ist seitlich abgelenkt, das obere aber parallel mit der Ursprungsspindel orientiert, bei *Sphenopteris patentissima* Goepp. (zu *T. princeps* gehörig) verlaufen jedoch beide der Ursprungsspindel der Fieder parallel.

Schizaeaceen.

21. **Klukia exilis** (Phill.) Racib.

Krasser, Voralpen, p. 441.

Vorkommen: Voralpen, ? Steierdorf.

Nach Raciborski in Engler, Bot. Jahrb., 13. Bd., p. 6, ist *Cyatheites decurrens* Andr., Steierdorf, p. 33 und Taf. 7, Fig. 4, vermutlich eine *Klukia*, auch nach Seward, Jur. Fl. I, p. 26 und 131.

II. Marattiales.

22. **Marattiopsis Haidingeri** (Ettingsh.) Schimp.

Synon.: *Taeniopteris Haidingeri* Ettingsh., Beitr. III, p. 98 und Taf. 13, Fig. 1. — Krasser, Voralpen, p. 442. *Angiopteridium Haidingeri* Schimp., Traité I, p. 603. *Pseudodanaeopsis Haidingeri* Krasser, Diagn., p. 28, Anm. 1.

Vorkommen: Voralpen (Waidhofen loc. class.!). Auch fertil vorliegend = *Angiopteridium Haidingeri* Stur nom. mus.

Im Traité III, p. 514, hat Schimper ausdrücklich seine *Angiopteridium*-Arten, ausgenommen *A. Münsteri* und *hoerense*, die er zur rezenten Gattung *Marattia* bringt, in die Gattung *Marattiopsis* verwiesen. Es empfiehlt sich, mit *Antevs* und *Gothan* auch die ersteren in die Gattung *Marattiopsis* Schimp. einzureihen, welche dann einfach fiedrige Blätter mit typischer *Taeniopteris*-Nervatur und fertil mit Synangien nach Art von *Marattia* umfaßt.

23. **Taeniopteris** Brongn. excl. *Marattiopsis* Schimp.

In Schenk's Übers. und Stur's Tab. werden folgende Arten angegeben:

Taen. tenuinervis Brauns für das ganze Gebiet, *Taen. gigantea* Schenk für die Voralpen und *Taen. vittata* für Fünfkirchen und Steierdorf. Andrae, Steierdorf, p. 38, gibt *Taen. Münsteri* Goepp. und *Taen. vittata* Brongn. an, doch geht schon aus seinen Erläuterungen hervor, das er verschiedene Taeniopteris unter letzterer konfundiert. Stur hat überdies einzelne Stücke von Steierdorf als *Taen. Mc'Clelandi* Old. et Morr. und von Fünfkirchen und Steierdorf als *Taen. stenoneura* Schenk ausgestellt.[1] Alle genannten Arten pflegt man zu *Macrotaeniopteris* Schimp. zu stellen, ausgenommen *Taen. Münsteri* Goepp., welche zu *Marattiopsis* Schimp. gehört. Die systematische Zugehörigkeit der *Macrotaeniopteris*-Arten ist noch strittig und es sind noch eingehende Untersuchungen notwendig. Es dürften Cycadophyten darunter sein, aber es kann sich auch um *Marattiales* handeln, wie gewisse fertile *Macrotaeniopteris* der Trias von Neue Welt bei Basel und der Lunzer Schichten lehren.[2]

III. Hydropterideen.

Marsiliaceen.

24. Sagenopteris rhoifolia Presl var. elongata Schenk.

Krasser, Voralpen, p. 447. Schenk, Übers., Stur, Tab.
Synon.: *Sagenopteris elongela* Andrae, Steierdorf, p. 35, Taf. 10, Fig. 4.

Vorkommen: Im ganzen Gebiet. In Kronstadt scheint *Sag. Phillipsii* (Brongn.) Presl, und zwar die Form mit schmäleren Fiedern vorzukommen.

IV. Equisetales.

25. Equisetites Ungeri Ettingsh.

Ettingshausen, Beitr. II, p. 90, Taf. 8, Fig. 3, 4. -- Krasser, Voralpen, p. 447.
Synon.: *Calamites* sp. und *Equisetites Ungeri* in Schenk, Tab. *Calamites liasinus*. *Equisetites Ungeri* Ett. (*Equ. liasinus* Heer) und *Equisetites hungarus* in Stur, Tab. *Equisetites lateralis* Andrae, Steierdorf, p. 31. *Equisetites conicus*, *Höflianus* und *austriacus* Ung. Gen. pl. foss.

Vorkommen: Im ganzen Gebiet.

Eine Diskussion auf Grund der Literatur und die Untersuchung des vorhandenen Materials rechtfertigt die Anschauung, daß verschiedene Erhaltungszustände und Bruchstücke verschiedener Entwicklungsstadien von *Equisetites Ungeri* vorliegen. Auch Handstücke mit der Bezeichnung *Equisetum auguste-dentatum* Stur (nomen mus.!) und *Calamites Lehmannianus* Popp fügen sich zwanglos ein.

---

[1] Siehe auch Krasser, Voralpen, p. 442, 443.

[2] Vgl. auch meine bei *Nilssonia* vorgebrachten Bemerkungen.

V. Cycadophyten.

Außer Beblätterungen, die teils mit großer Wahrscheinlichkeit (*Thinnfeldia, Ctenis, Ctenopteris*), teils mit voller Sicherheit (*Pterophyllum, Anomozamites*, gewisse *Taeniopteris, Dioonites, Ptilophyllum, Zamites, Otozamites* und *Podozamites*) hier eingeordnet werden, fanden sich auch Blüten *Williamsonia Alfredi* F. Kr. und *W. banatica* F. Kr., beide ♂) und der Abdruck eines Stammfragmentes, welches möglicherweise hierherzustellen ist.

A. Blüten.

26. Williamsonia Alfredi F. Krasser.

Krasser, Steierdorf, p. 3, Taf. 2, Fig. 1 und 2.

27. W. banatica F. Krasser.

Krasser l. c., p. 8, Taf. 2, Fig. 1 und 2.

Vorkommen: Steierdorf.

Während sich *W. Alfredi* an *W. bituberculata* Nath. (»carpellary disc« Will.) anschließt, steht *W. banatica* der *W. setosa* Nath. nahe.

B. Stammgebilde.

Als

28. Cycadites elegans Ettingsh. nom. mus.

(Original) bezeichnet, findet sich in der Geologischen Reichsanstalt ein Handstück vor, welches ein etwa 14 *cm* langes und 11 *cm* breites Oberflächenfragment eines, von etwas gestreckten, abgerundet rhombischen Blattfüßen bedeckten, flach gedrückten Stammes aufweist. Die Blattfüße sind 9 bis 10 *mm* lang und 10 bis 11 *mm* breit. Deutliche Narben sind an keiner Stelle zu erkennen. Es läßt sich daher nach der Gestalt der Blattfüße kein sicherer Schluß ziehen, ob es sich um einen Cycadophyten- oder um einen Farnstamm handelt. An einzelnen Stellen scheinen abgerundet rhombische Blattnarben vorhanden zu sein, welche punktiert erscheinen nach Art rezenter Cycadeen, nicht aber nach Art der Farne,[1] bei welchen die Blattspurstränge in charakteristischen Linien auftreten.

Ganz ähnlich sind die Blattfüße mit Blattnarben (nur von etwas geringeren Dimensionen), welche man in Fig. 30 *A* bei Seward, Jur. Fl. I., p. 194, erblickt, die einen Cycadeenstamm mit Beblätterung von *Ptilophyllum cutchense* aus Indien (Rajmahal) darstellt. Man vgl. auch Flora foss. Ind., Vol. I., Taf. 34.

Vorkommen: Steierdorf.

---

[1] Abgesehen von Marattiaceen und Ophioglossaceen.

C. Sichere Cycadophyten-Beblätterungen.

29. Pterophyllum Kudernatschi Stur nom. mus.

Stur, Tab.

Vorkommen: Steierdorf.

Diese neue Art ist durch eine dicke Spindel ausgezeichnet, an deren Oberseite beiderseits in einer randnahen Zeile die ober dem Grund verschmälerten und dann bis zur Berührung der Nachbarfiedern verbreiterten großen Fiedern inseriert sind, die Fiedern sind durch an der Spindel, infolge der eigenartigen Gestaltung der Fiederbasen, ausgerundete Buchten getrennt. Sie sind alternierend bis fast gegenständig angeordnet. Nerven zahlreich, parallel, Gabelnerven mit verschieden hohen Stielen. Die Fiedern sind an dem einzigen vorhandenen Original nicht vollständig, so daß über ihr terminales Ende nichts ausgesagt werden kann. Das 260 *mm* lange Spindelfragment zeigt 12 ohne Spitze erhaltene Fiederpaare und die Ansatzspuren von zwei Fiederpaaren. Das längste Fiederfragment ist fast 16 *cm* lang, die größte Breite ist 18 *mm*, die Einschnürungsbreite 12 *mm*, die verbreiterte Basis 22 *mm*. Die Spindel verjüngt sich von 8 auf 6 *mm* Breite, zwischen den Randlinien von 5 auf 3 *mm*. Die Fiedern sind im allgemeinen senkrecht auf die Spindel orientiert.

Pterophyllum Kudernatschi ist eine der prächtigtsen Cykadophyten des Lias. Es erinnert an das *Pterophyllum giganteum* Schenk von Raibl und das *Pterophyllum Haueri* Stur von Lunz, sowie an das *Ctenophyllum grandifolium* Font. von Virginien, also an mehrere Trias-Pterophyllen, sowie an *Pterophyllum* sp. Zeiller von Tai-Pin-Tschang (Rhät-Lias), Tonkin, Taf. 56, Fig. 5, welches am nächsten steht.

Habituelle Ähnlichkeit (abgesehen von der verschiedenen Orientierung der Fiedern) zeigt auch *Pseudoctenis eathiensis* Sew. (Jur. Fl. of Sutherland). Mit *Pseudoctenis* Sew. aus dem Kimeridge, hat unsere Pflanze jedoch nichts zu tun, da sie keine Nervenanastomosen besitzt.

30. Pterophyllum sp. conf. propinquum Goepp.

Synon.: *Pt. greslense* Stur nom. mus. -- Krasser, Voralpen, p. 449.

Vorkommen: Voralpen (Hör).

Ein 25 *mm* langes Spindelfragment mit den Ansätzen von 2 Fiederpaaren (vgl. Antevs, Hör, Taf. 3, Fig. 16) als Repräsentant der breitfiedrigen Formen und mehrere Stücke mit Abdrücken von Spindelfragmenten, welche bis zu 70 *mm* Länge erreichen und bis zu 10 Fiederpaare tragen (zu letzteren vgl. Schenk, Grenzsch., Taf. 41, Fig. 1), welche von Exemplaren mit schmäleren (um 6 *mm* breiten) Fiedern stammen.

31. Pterophyllum rotundatum n. sp.

Die kräftige (von 4 *mm* basaler auf 1 *mm* in der Spitzenregion) sich verjüngende Spindel trägt senkrecht oder nur wenig schief darauf orientierte Fiedern von fast durchaus 5 *mm* Breite. Die Fiedern sind dicht gestellt, gleichbreit, an der Spitze in geringem Maße verjüngt und gleichmäßig abgerundet. Die basalen Fiedern sind 6 *mm* lang, die längsten Fiedern, etwa im terminalen Drittel des Blattes gelegen, erreichen bis 35 *mm* Länge, gegen die Spitze (das terminale Ende ist nicht erhalten) nehmen sie rasch an Länge ab. Die Nerven (12 bis 15) sind durchaus einfach und verlaufen parallel. Die Fiedern sind fast gegenständig bis alternierend an den Seitenlinien der Spindel befestigt. Die Spindel ist oberseits flach und quer runzelig, der Umriß der ganzen Blattspreite länglich verkehrt eiförmig, Konsistenz derb.

Vorkommen: Voralpen, bisher nur im Pechgraben.

Für *Pt. rotundatum* n. sp. ist der Schnitt der Fiedern, ihre wenig verjüngte, abgerundete Spitze charakteristisch. Es gleicht in dieser Beziehung dem *Pt. Titzei* Schenk von Persien (Rhät-Lias), welches jedoch sehr breite und noch dazu ungleich breite Fiedern besitzt. Man vgl. die um $^2/_5$ verkleinerte Abbildung letzterer Art bei Zeiller, Tonkin, Taf. 47, Fig. 1 *a*.

»*Pterophyllum* sp. *segmentis latis*« und »*Pt. segmentis angustis nervis validis*« der Schenk'schen Übers. sind mangels von Belegexemplaren nicht aufzuklären. Sie werden nur für den unteren Lias der Voralpen angegeben.

32. Anomozamites banaticus n. sp.

Habitus von *A. gracilis* Nath., jedoch die Fiedern mehr gestreckt (3 bis 4 *mm* breit und 7 bis 8 *mm* lang).

Vorkommen: Steierdorf.

Dioonites Goepp.

Diese Gattung ist durch *D. Andraeanus* (Schimp.) und *D. Bavieri* (Zeiller) vertreten. Ersterer kommt im ganzen Gebiete, auch in Kronstadt vor, letzterer war bisher nur aus Tonkin bekannt. Während *D. Andraeanus* dem *D. Carnallianus* Bornem nahesteht, erinnert *D. Bavieri* an *D. Dunkerianus* (Goepp.) Miqu. aus dem Wealden.

33. Dioonites Andraeanus (Schimp.)

Synon.: *Pterophyllum longifolium* Andrae, Steierdorf, p. 41, Taf. 10, Fig. 1, non Brongn. *Pterophyllum Andraei* Stur, Schenk, Übers. und Stur, Tab. nom. nud. *Pterophyllum Andraeanum* Schimp., Traité II, p. 135, mit neuer Diagnose! 1870. *Dioonites Carnallianus* Krasser, Voralpen, p. 449, non Bornem.

Vorkommen: Im ganzen Gebiete, auch in Kronstadt. Steierdorf loc. class.!

Nach Nervatur und Gestalt der Fiedern ein *Dioonites*.

Maßgebend für die Nomenklatur ist Schimper l. c., denn er gibt eine neue Diagnose, doch hat zweifelsohne Stur schon vorher in litt. ad Schenk das angebliche *Pt. longifolium* von Steierdorf als eine von *Pt. longifolium* Brongn. verschiedene Art erkannt und umbenannt. Bei Schenk, Grenzsch. findet sich jedoch kein Hinweis im Text, der Name steht lediglich als nomen nudum in der Übersicht. In der Geologischen Reichsanstalt erscheint er allerdings als nom. mus. Es sind von Steierdorf Fragmente aus den mittleren und terminalen Partien des Blattes vorhanden, auch die Blattspitze selbst.

Eine nahestehende Art ist im Dogger und Kimmeridge von England vorhanden:

Dioonites Nathorsti Seward.

34. D. Bavieri (Zeiller).

Synon.: *Pterophyllum Bavieri* Zeiller, Tonkin, p. 198, Taf. 49, Fig. 1 bis 3. *Pterophyllum Dunkerianum* Andrae, Steierdorf, p. 42, Taf. 11, Fig. 2, 3 non Goepp.

Vorkommen: Steierdorf.

Novopokrovskij hat gelegentlich seiner Bearbeitung der Tyrmaflora mit *Pterophyllum Dunkerianum* Andrae non Goepp. von Steierdorf seinen *Dioonites Polynovi* n. sp. identifiziert.[1] Das Fossil ist in der Tat der Pflanze von Steierdorf sehr ähnlich, ich glaube jedoch, daß es mit der letzteren zu *D. Bavieri* gehört.

Die Verschiedenheit der Pflanze von Steierdorf von *Dioonites Dunkerianum* hat bereits Schenk, Grenzsch., p. 67, erkannt. *Pt.* cf. *Braunianum* Stur, Tab. ist darauf zu beziehen. Mit *Pt. Bavieri* Zeiller von Tonkin herrscht vollste Übereinstimmung in allen Details. Nach Nervatur und Gestalt der Fiedern gehört es zu *Dioonites Miqu.* Es liegen Stücke aus verschiedenen Regionen des Blattes vor.

35. Ptilophyllum imbricatum (Ettingsh.)

Synon.: *Pterophyllum imbricatum* Ettingsh., Lias, p. 7, Taf. 1, Fig. 1. Schenk, Übers., Stur, Tab. *Zamites gracilis* Andrae, Steierdorf, p. 40, Taf. 11, Fig. 4, 5, non Kurr. *Otozamites imbricatus* Schimp., Traite II, p. 171. cf. *Williamsonia pecten* Sew., Jur. Fl. I, p. 26.

Vorkommen: Nur in Steierdorf, loc. class.!

Andrae hat die Diagnose verbessert. Saalfeld, Jura Südwestdeutschlands, hat sich gegen die Zuweisung zu *Zamites* oder *Otozamites* sowie die Auffassung von Seward gewendet, Gothan, Nürnberg, p. 138, möchte es zu *Ptilophyllum* stellen. Dorthin gehört es, wie ich schon vor langer Zeit durch Untersuchung eines schönen Abdruckes feststellen konnte. Die Epidermis ist bei **Schenk**, Grenzsch., p. 156, beschrieben.

---

[1] Novopokrovskij J. Beiträge zur Kenntnis der Juraflora des Tyrmatales (Amurgebiet). Explor. géol. et nim. Chem. de fer de Sibérie, Livr. 32, St. Petersburg 1912, p. 23, tab. 3, fig. 6.

36. Ptilophyllum rigidum (Andrae).

Synon.: *Pterophyllum rigidum* Andrae, Steierdorf, p. 42, Taf. 11, Fig. 1. Stur, Kronstadt. *Dioonites rigidus* Schimp., Traité II, p. 148. cf. *Williamsonia pecten* Sew., Jur. Fl. I, p. 29.

Vorkommen: Steierdorf, loc. class.! Auch in Kronstadt.

Steht jedenfalls dem *Ptilophyllum pectinoides* (Phill.) Halle sehr nahe. Vgl. Halle, Grahamland, p. 69.

37. Zamites Andraei Stur.

Stur, Verh. Geol. Reichsanstalt, 1872, p. 345.

Synon.: *Zamites Schmiedelii* Andrae, Steierdorf, p. 39, Taf. 9; Taf. 11, Fig. 7, von Presl. *Podozamites* cf. *Schmiedelii* Stur, Tab. *Williamsonia gigas* Sew., Jur. Fl. I, p. 26.

Vorkommen: Steierdorf, loc. class.! Auch in Kronstadt.

Ähnlich sind *Z. Feneonis* Ettingsh. und *Z. gigas* Morris (= *Williamsonia gigas* Sew. ex parte), beide sind jedoch von *Z. Andraei* Stur verschieden. *Z. Feneonis* besitzt weniger Fiedern, *Z. gigas* allerdings ebenso zahlreiche wie *Z. Andraei*, doch sind die Fiederbasen bei letzterer Art nicht so bauchig, wie insbesondere bei *Z. gigas*. *Z. Schmiedelii* Presl ist, wie schon Schimper, Traité II, p. 152, andeutet, verschieden. Das Sternberg'sche Original stammt überdies aus dem weißen Jura. Im Rhät-Lias von Bayreuth kommt *Z. Schmiedelii* Presl nach Schenk und Schimper nicht vor.

Über die Abgrenzung von *Zamites* gegen *Otozamites*, *Ptilophyllum* und die Gruppen der Gattung *Zamites* vgl. man Halle, Grahamland, p. 54 ff.

Z. Andraei Stur liegt in Prachtstücken vor, so daß alle Teile des Blattes vorhanden sind.

Otozamites F. Braun.

Diese Gattung ist von den Fundorten im unteren Lias der Voralpen und von Fünfkirchen nicht bekannt. In Steierdorf findet sich nur *Otozamites obtusus* (L. et H.) Brongn., in Kronstadt jedoch sind *O. Molinianus* Zign. und *O. Canossae* Zign. neben *O. obtusus* nachgewiesen. *O. Mandelslohi*, welcher früher von Steierdorf angegeben wurde, kommt dort nicht vor, ebenso wenig an den anderen Fundorten des behandelten Gebietes.

38. Otozamites obtusus (L. et H.) Brongn.

Synon.: *Otopteris Mandelslohi* Schenk, Übers., *Otopteris* (?) cf. *Mandelslohi* Stur, Tab.

Vorkommen: Steierdorf, Kronstadt.

Liegt in Prachtexemplaren vor, welche die Kenntnis des ganzen Blattes vermitteln. Stimmt in allen Merkmalen mit der im Lias von England gemeinen Art vollkommen überein.[1] Die Fiedern können unter Umständen breiter und mehr abgerundet erscheinen, dann erinnern sie an *Otozamites Mandelslohi* (Kurr) Schimp.

39. O. Molinianus Zigno.

40. O. Canossae Zigno.

41. O. conf. contiguus Feistm.

Vorkommen: Die letzten drei Arten nur in Kronstadt.

Die beiden ersteren wurden zuerst aus Oberitalien, der letztere aus Indien beschrieben. Es liegen von dem Fundort in Siebenbürgen von den genannten Arten nicht einzelne Fiedern, sondern Spindelbruchstücke verschiedener Größe mit mehreren Fiederpaaren vor.

42. Podozamites lanceolatus (L. et H.) F. Braun, forma: distans Heer.

Synon.: *Zamites distans* var *longifolia* Ettingsh., Lias, p. 8, Taf. 1, Fig. 3. Andrae, Steierdorf, p. 39. *Zamites distans* Schenk, Übers., Stur, Tab.

Vorkommen: Alpen, Steierdorf, Kronstadt. Auch in Nürnberg. In Hör breitere Form.

43. Podozamites Schenkii Heer.

Krasser, Voralpen, p. 448.

Vorkommen: Voralpen (Hinterholz) und Steierdorf.

44. Podozamites gramineus Heer.

Vorkommen: Steierdorf. Nur isolierte Fiedern.

---

[1] Siehe Beschreibung und Abbildung bei Seward, Jur. Fl. II, p. 30, Taf. 1, Fig. 1, 3, 5.

D. Nilssoniales.

Nilssonia Brongn.

Diese Gattung ist bekanntlich der Repräsentant eines in hohem Grade selbständigen Typus, der gegenwärtig aber noch am besten bei den Cycadophyten unterzubringen ist.[1] In unserem Gebiete sind mehrere Arten vorhanden. Von diesen kommt *N. polymorpha* reichlich in den Voralpen und in Kronstadt vor. *N. mediana* und *acuminata*, von welchen nur spärliche Fragmente vorliegen, finden sich nur in den Voralpen. Welche von den unter *Taeniopteris* (*Macrotaeniopteris*) im vorhergehenden (p. 357) angeführten Arten etwa noch zu *Nilssonia* gestellt werden müssen, läßt sich vorläufig nicht mit Sicherheit entscheiden. Doch dürfte sich *N. orientalis* Heer nachweisen lassen, sowohl in Fünfkirchen als in Steierdorf.

45. N. polymorpha Schenk.

Krasser, Voralpen, p. 450.

Vorkommen: Voralpen, Kronstadt. (Auch in Hör.)

Schöne typische Exemplare sind namentlich von Gresten und Hinterholz bekannt.

46. N. mediana (Leckenb.) Fox.-Strangw.

Krasser, Voralpen, p. 450.

Vorkommen: Voralpen.

Das einzige Belegstück stammt von Hinterholz. Es ist das Original von *Pterophyllum sequens* Stur nom. mus.

47. N. acuminata (Presl) Goepp.

Vorkommen: Voralpen. (Auch in Nürnberg.)

Ein Handstück von Pechgraben. Blattspitzen mit gut erhaltenen 7 Fiederpaaren. Die Endfieder nicht erhalten.

Hierher zähle ich auch ein Belegstück, welches Stur im Museum der Geologischen Reichsanstalt als *Nilssonia Neuberi* (Stur nom. mus.)[2] aufgestellt hat. Sie entspricht vollkommen der kleinen Form vom Heuchlinger Berg in Gothan, Nürnberg, Taf. 28, Fig. 2. Volle Klarheit kann erst ein reichlicheres Material bringen.

---

[1] Siehe Gothan. Potonie's Lehrbuch der Paläobotanik, 2. Auflage, p. 293.

[2] Früher (Krasser, Voralpen, 449) hielt ich dieses Stück für *Ptilozamites acuminatus* Nath. Ein Mazerationsversuch lieferte kein Ergebnis.

E. Gymnospermae incertae seelis, wahrscheinlich Cycadophyten.

Thinnfeldia Ettingsh. emend. Schenk.

Die Gattung *Thinnfeldia* hat im Laufe der Zeiten Begriffsänderungen erfahren, welche Verwirrung schufen. Es ist in erster Linie Gothan's Verdienst, da die Ordnung wiederhergestellt zu haben. Ich verweise insbesondere auf seine Arbeiten über *Thinnfeldia* und seine unterliassische Flora von Nürnberg im XIX. Bd. der Abhandlung der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg, 1912 bis 1914.

Für *Th. rhomboidalis* Ettingsh. und *Th. speciosa* Ettingsh. ist Steierdorf loc. class.!

In unserem Gebiete kommt *Thinnfeldia* nur in Steierdorf und Fünfkirchen vor; aus den Voralpen ist sie bislang unbekannt. In Fünfkirchen findet man *Th. Nordenskiöldi* Nath., welche bisher nur aus dem obersten Rhät von Palsjö in Schonen bekannt war, eine Form von *Thinnf. rhomboidalis* und *Thinnf. polymorpha* (Braun) Ant.

48. **Thinnf. Nordenskiöldi** Nath.

Nathorst, Bidrag till Sveriges foss. Fl. (Palsjö), p. 34.

Vorkommen: Fünfkirchen (loc. class. Palsjö in Schonen).

Das Belegstück von Fünfkirchen, aus dem Kaposataschacht stammend, zeigt mit den von Nathorst (Palsjö, Taf. 6, Fig. 4) und Antevs (*Thinnfeldia,* Taf. 1, Fig. 2 und Taf. 2, Fig. 4) gebotenen Abbildungen sehr gute Übereinstimmung. Die Art kommt am loc. class. im obersten Rhät sehr sparsam vor.

Nathorst selbst hat auf *Thinnf. speciosa* Ettingsh. als nächststehende Art hingewiesen. *Thinnf. Nordenskiöldi* weicht von *Th. speciosa* außer durch die bedeutenderen Dimensionen der Fiedern insbesondere durch die dichtere Nervatur und die lederartige Konsistenz der Fiedern ab.

49. **Thinnf. speciosa** Ettingsh.

Ettingshausen, Lias, p. 4, Taf. 1, Fig. 8. Schenk, Übers. Stur, Tab.
Synon.: *Pachypteris speciosa* Andrae, Steierdorf, p. 44.

Vorkommen: Steierdorf (loc. class.!).

50. **Thinnf. rhomboidalis** Ettingsh. emend. Goth.

Ettingshausen, Lias, p. 2, Taf. 1, Fig. 4 bis 7. Schenk, Übers. Stur, Tab.
Synon.: *Pachypteris Thinnfeldti* Andrae, Steierdorf, p. 43, Taf. 11, Fig. 6; Taf. 12, Fig. 7 bis 9.

Vorkommen: Steierdorf (loc. class.!), Fünfkirchen. (Nürnberg.)

Gothan, Nürnberg. p. 30, hat den Formenkreis der *Th. rhomboidalis* genau studiert und durch Einbeziehung von von Schenk und Braun unterschiedenen Arten erweitert, da er die Übergänge auffand. Er hat sich auch über den Formenkreis von Steierdorf l. c., p. 31, unter Beziehung auf von mir ihm zugesandte Photographien ausgesprochen. Nun fand ich auch ein zweimal gefiedertes Stück, wie es schon aus der Sammlung Zeiller in Paris bekannt war, und eine an *Thinnf. incisa* Sap. erinnernde Form. Aus dem Andraeasschacht in Fünfkirchen stammt eine Form der *Th. rhomboidalis*, die in den Formenkreis der »*Thinnf. decurrens* Schenk« gehört und in den größten (stark mazerierten) Belegstücken dem von Gothan, Nürnberg, Taf. 21, Fig. 1, abgebildeten Exemplar nahe kommt. Stur hat sie als »*Sagenopteris pinnata*« (Stur nom. mus.!) bezeichnet. Darauf bezieht sich auch *Sagenopteris? pinnata* Stur, Tab. Seward, Sutherland, Taf. 5, Fig. 83, bildet Ähnliches als *Thinnf. rhomboidalis* ab. In den Formenkreis von *Thinnf. romboidalis* gehört nach Stur, Reiseber., auch *Cyatheites decurrens* Andrae, Steierdorf, p. 33, Fig. 4 auf Taf. 7.

51: Thinnf. polymorpha (Braun) Antevs.

Antevs, *Thinnfeldia*, p. 38, Taf. 3, Fig. 2, Taf. 5, Fig. 4. Daselbst die Synonymie

Vorkommen: Fünfkirchen (nur aus dem Vasasschacht).

Diese Art war bisher nur von Fundorten Frankens bekannt.

52. Ctenopteris cycadea (Berger) Saporta.

Staub. *Ctenopteris cycadea* Brongn. in der fossilen Flora Ungarns. Földt Közloni 12 (1887), p. 181.

Synon., *Pterophyllum* cont. *crassinerve* Goepp. Krasser, Voralpen, p. 449.

Vorkommen: Fünfkirchen, Steierdorf, Voralpen. — (Hör.)

Das schönste Stück von Fünfkirchen hat Staub l. c., 1882, Tafel, abgebildet. Auch von Steierdorf und aus den Voralpen sind größere Fragmente mit zahlreichen Fiederpaaren sichergestellt.

Brongniart fürt, Hist. des végét. foss., p. 387, zu seiner *Filicites cycadea*, auf welche *Ctenopteris cycadea* zurückgeführt wird, auch ein abgebildetes Stück (l. c., Taf. 129, Fig. 3) von Ybbsitz bei Waidhofen an. Das Original ist von sehr schlechter Erhaltung. Es befindet sich in der paläontologischen Sammlung des Naturhistorischen Museums in Wien und gehört zu *Cladophlebis (Todites) denticulata*, und zwar jener Form, die früher auch als großfiedrige *Cl. nebbensis* Nath. angesehen wurde, hat also mit *Ctenopteris cycadea* (Berger) [= *Filicites cycadea* (Berger) Brongn. ex parte = *Odontopteris cycadea* Berger] nichts zu tun.

53. Ctenis asplenioides (Ettingsh.) Schenk.

Krasser, Voralpen, p. 445. Stur, Tab. Stur, Kronstadt.
Synon.: *Taeniopteris asplenioides* Ettingshausen, Beitr. 3, p. 95, Taf. 11, Fig. 1, 2; Taf. 12, Fig. 1. Schenk, Übers.

Vorkommen: Voralpen (Hinterholz und Waidhofen loc. class.!)' Steierdorf, Kronstadt. — (Hör?)

Die Abbildungen Ettingshausen's stellen die Nervatur nicht vollkommen richtig dar, da die Anastomosen nicht eingezeichnet sind. Da das Original etwas verwischt und stark mazeriert ist, wurden sie wahrscheinlich für Runzeln der Epidermis gehalten. Die Netznervigkeit hat Schenk erkannt.

Reichlich und trefflich erhalten ist die Art in Steierdorf. Von benachbarten Liasgebieten seien hier die feuerfesten Tone der Umgebung von Krakau wegen ihres Reichtums an *Ctenis*-Arten genannt. Sie sind nach Raciborski (Engler's Bot. Jahrb., 13. Bd., 1891, p. 1) jünger als die pflanzenführenden Schichten von Steierdorf.

VI. Ginkgophyten.

Wenn man die Ginkgophytenbeblätterungen des hier behandelten Gebietes näher untersucht, so überzeugt man sich bald, daß sie eine ziemlich weitgehende Differenzierung aufweisen. Vergleicht man dann mit den Arten der fränkischen Rhät-Liasfloren, so kommt man zur Überzeugung, daß ähnlich wie in der skandinavischen Rhät-Liasflora, auch in den hier dargestellten Floren des unteren Lias eine artenreiche Ginkgophytenflora zuhause war. Man kommt zu dieser Anschauung auch, wenn man sich die Mannigfaltigkeit vor Augen hält, in welcher die Formelemente des Ginkgophytenlaubes erscheinen können.

Nach der Literatur erhält man folgendes Bild.

Baiera taeniata F. Braun.

Schenk, Übers. Stur, Tab. Krasser, Voralpen, 448.
Synon.: *Cyclopteris digitata* Andrae, Steierdorf, p. 31, ohne Abbildung. *Ginkgo digitata* Sew., Jur. Fl. I, p. 12.

Vorkommen. Voralpen, Fünfkirchen, Steierdorf.

Baiera Münsteriana (Presl) Heer.

Synon.: *Jeanpaulia Münsteriana* Schenk, Übers. Stur, Tab.

Vorkommen: Voralpen.

Baiera Wiesneri F. Krasser.

Krasser, Voralpen, p. 448.

Vorkommen: Voralpen.

Ginkgo sp.

Krasser, Voralpen, p. 447.

Vorkommen· Voralpen.

Man geht nicht fehl, diese Bestimmungen auf das natürliche Bestreben zurückzuführen, Beziehungen zur »Rhätflora« Frankens zu finden. Die nähere Untersuchung lehrt aber, daß *Baiera taeniata* Braun und *B. Münsteriana* Heer in unserem Liasgebiete nicht vorkommen oder mindestens bisher nicht nachweisbar sind.

Wenn man das Ginkgophytenlaub des in Rede stehenden Gebietes durchsieht und vergleicht, so gelangt man zu folgender Übersicht.

Es sind zwei Haupttypen zu unterscheiden:

I. Blätter mit wiederholt gegabelten schmalen Lappen.

II. Blätter mit 2 bis mehr einfachen oder gegabelten breiten Lappen.

Innerhalb dieser Haupttypen sind zu erkennen:

Haupttypus I.

a) Blätter mit zahlreichen sehr schmalen Lappen.

1. Blätter mit nur 1 Nerv in den parallelrandigen Lappenteilen, welche kaum 1 *mm* breit sind: *Baiera Wiesneri* F. Krasser;
   - α) kleinere Blätter,
   - β) auffallend große Blätter;
2. Blätter mit mehr als 1 Nerv, gewöhnlich 2, in den Lappenteilen. Lappen über 1 *mm* breit, lanzettlich und zugespitzt: *B. Austriaca* n. sp;
   - α) kleinere Blätter,
   - β) auffallend größere Blätter.

b) Blätter mit breiteren Lappen. Lappen zugespitzt-abgestumpft, nach außen gewendet: *B. Czekanowskiana* Heer.

Haupttypus II.

a) Blätter einfach gegabelt. Die beiden Lappen länglich eiförmig-lanzettlich, vom Grunde aus divergierend, Spitzen breit abgerundet. Blattbasis keilförmig in den mehr minder langen Blattstiel verlaufend. Nervengabelungen in den basalen einander noch genäherten Lappenteilen: *B. pseudopulchella* n. sp.

1. Kleinere und zugleich schmälere Blätter: var *alpina*;
2. breitere und langlappigere Blätter: *typica*.

b) Blätter mehrlappig: *B. Ettingshausenii* n. sp.

1. Kleinere Blätter mit zur Basis reichender Mittelteilung, jede Blatthälfte einfach gabelig;
   - α) die Lappen eiförmig-lanzettlich mit abgerundeter Spitze: forma *ginkgoides*,
   - β) die Lappen länger und zugespitzt; forma *acuminata*;
2. langlappige Blätter mit zur Basis reichender Mittelteilung und vier- bis sechslappig nach der Ausbildungsweise der Spreitenhälften. Bei vierlappigen Blättern ist jede Spreitenhälfte einfach gabelig, bei sechslappigen erscheint typisch der innerste Lappen jeder Spreitenhälfte ungeteilt, der äußere einfach gabelig. Die Lappen sind lineal-lanzettlich, ihre Spitzen zugespitzt-abgerundet. Die Adergabelungen finden hauptsächlich in den Abschnitten des Blattgrundes statt, doch auch noch in der Mittelpartie: *typica*;
   - α) kleinere Blätter,
   - β) größere Blätter mit langen Stielen.

Haupttypus I wurde von den Autoren fälschlich als *B. Münsteriana*, Haupttypus II aber fälschlich als *B. taeniata* aufgefaßt.

Die geographische Verbreitung der im vorstehenden gekennzeichneten Arten und Formen ist folgende:

54. B. Wiesneri.

Vorkommen: Voralpen.

55. B. Austriaca.

Vorkommen: Voralpen.

56. B. Czekanowskiana Heer.

Vorkommen: Voralpen.

57. B. Pseudopulchella.

Vorkommen: Voralpen, Fünfkirchen, Steierdorf.

var. *alpina*, Voralpen.

58. B. Ettingshausenii.

Vorkommen: Voralpen, Fünfkirchen, Steierdorf. In den Voralpen nur die kleineren Blätter.

forma *acuminata*, Fünfkirchen.
» *ginkgoides*, Fünfkirchen und Voralpen.

Ich verzichte auf eine eingehende Beschreibung und Begründung an dieser Stelle, möchte aber bemerken, daß ich die Literatur über die fossilen Ginkgophyten genau studierte, ebenso wie ich auch speziell dem Polymorphismus und der Nervation des rezenten *Ginkgo* seit langem mein besonderes Augenmerk zugewendet habe.

VII. Coniferen.

59. Palissya sphenolepis (F. Braun) Nath.

Synon.: *Palissya Braunii* Endl., Schenk, Übers., Stur, Tab. *P. pugio* Krasser, Voralpen, p. 451. *Thuites Germari* Andrae, Steierdorf, Taf. 12, Fig. 4 *b*, 5 und 6.

Vorkommen: Voralpen, Fünfkirchen, Steierdorf, Kronstadt (? Nürnberg).

Von Steierdorf, Kronstadt und den Voralpen sind nur kleinere Fragmente bekannt. Hingegen liegt *Palissya sphenolepis* reichlich von Fünfkirchen vor, und zwar sowohl in größeren verzweigten Exemplaren als auch die weiblichen und männlichen Zapfen, sowie reichlich Samen. Die männliche Infloreszenz erinnert habituell an *Dacrydium* Soland.

In seiner »Fossile Flora der nordwestdeutschen Wealdenformation« hat Schenk (p. 44) auf Grund der Untersuchung der Andrae'schen Originalexemplare von dessen »*Thuites Germari* Dunk.« aus Steierdorf nachgewiesen, daß ein Teil derselben zu *Palissya Braunii* Endl., die übrigen wahrscheinlich zu *Cheirolepis* gehören.

60. Cheirolepis Münsteri (Schenk) Schimp.

Synon.: *Thuites Germari* Andrae, Steierdorf, Taf. 12, Fig. 1, 2, 3, 4 *a*. *Th. expansus* Andrae, l. c., p. 45 (ohne Abbildung). *Thuites sp.* Schenk, Übers. *Thuites* cf. fallax-Stur, Tab. *Cheirolepis* Schenk nwd. Wealdform., p. 44. *Brachyphyllum* sp. Schenk, Übers.

Vorkommen: Fünfkirchen, Steierdorf (Nürnberg).

Von Steierdorf sind mir reichlich verzweigte Exemplare bekannt.

61. Schizolepis Follini Nath,

Krasser, Voralpen, p. 450.

Synon.: *Podocarpites acicularis* Andrae, Steierdorf, p. 45, Taf. 10, Fig. 5. Schenk, Übers. Stur, Tab.

Vorkommen: Voralpen, Steierdorf.

Nach Nathorst, Pålsjö, p. 29, stimmt *Podoc. acicularis* Andr. in der Nervatur mit *Schizolepis Follini* überein. Von Gresten (Voralpen) liegen mir auch Zapfenfragmente vor, welche die Bestimmung sichern. Sonst müßte an *Schizolepis Braunii* Schenk gedacht werden.

62. Pityophyllum alpinum F. Krasser.

Krasser, Voralpen, p. 450.

Vorkommen: Voralpen.

Dieses sehr charakteristische Fossil liegt nur von Hinterholz in einigen isolierten Blättern vor. Es kommt habituell *Pityoph. Staratschini* Nath. aus dem Oberjura von Spitzbergen am nächsten, ist aber durch den Mangel an Querrunzeln leicht zu unterscheiden. Erst reichlichere Funde können seine systematische Stellung aufklären.

Literaturübersicht.

Andrae, K. J. Beiträge zur Kenntnis der fossilen Flora Siebenbürgens und des Banates. — Abh. Geol. Reichsanstalt in Wien, 2. Bd., 3. Abt., Nr. 4. Ausgegeben am 22. März 1854.

Antevs, E. Die Gattungen *Thinnfeldia* Ettingsh. und *Dicroidium* Goth. — Sv. Vet.-ak. Handl., Bd. 51, Nr. 6, 1914.

— Die liassische Flora des Hörsandsteins. — Ibid., Bd. 59, Nr. 8, 1919.

Ettingshausen, C. von. Beiträge zur Flora der Vorwelt. — Haidinger's naturw. Abh., Bd. 4, Abt. 1. Wien 1851.

— Monographia Calamarium fossilium. — Ibid., 1851.

— Begründung einiger neuer oder nicht genau bekannter Arten der Lias- und der Oolithflora. — Abh. Geol. Reichsanstalt Wien. Bd. 1, Abt. 3, Nr. 3. 1852.

Gothan, W. Über die Gattung *Thinnfeldia* Ettingsh. — Abh. Naturhist. Ges. Nürnberg, Bd. 19, Heft 3. 1912. — Nachtrag. Ibid., Heft 4. 1912.

— Die unterliassische (rhätische) Flora der Umgegend von Nürnberg. — Ibid., Bd. 19, Heft 4. 1914.

Halle, T. G. On the fructification of Jurassic Fernleaves of the *Chladophlebis denticulata* type. — Arkiv f. Botan., Bd. 10, Nr. 15. 1911.

— The Mesozoic Flora of Graham Land. Wissenschaftliche Ergebnisse der schwedischen Südpolar-Expedition 1901—1903, Bd. 3, Lief. 14. Stockholm 1913.

— On the sporangia of some mesozoic ferns. — Arkiv f. Botan., Bd. 17, Nr. 1. 1921.

Hantken, Max. Die Kohlenflötze und der Kohlenbergbau in den Ländern der ungarischen Krone. Budapest 1878.

Krasser, F. Kritische Bemerkungen und Übersicht über die bisher zutage geförderte fossile Flora des unteren Lias der österreichischen Voralpen. — Wiesner-Festschrift. Wien 1908.

— Die Diagnosen der von D. Stur in der obertriadischen Flora der Lunzerschichten als Marattiaceenarten unterschiedenen Farne. — Sitzungsber. Akad. Wissensch. Wien, mathem.-naturw. Kl., Bd. 108, Abt. 1. Jänner 1909.

— Männliche Williamsonien aus dem Sandsteinschiefer des unteren Lias von Steierdorf im Banat. — Denkschr. Akad. Wissensch. Wien, mathem.-naturw. Kl., Bd. 93. 1915.

— Vorläufige Bestimmungen fossiler Pflanzen von Kronstadt in Toula, F. Paläontol. Mitt. — Abh. Geol. Reichsanstalt Wien, Bd. 20, Heft 5.

Krasser, F. Die Doggerflora von Sardinien. — Sitzungsber. Akad. Wissensch. Wien, mathem.-naturw. Kl., Bd. 129, Abt. 1, 1. und 2. Heft. 1920.

Lipold und Stur. Das Kohlengebiet in den nordöstlichen Alpen. — Jahrb. Geol. Reichsanstalt Wien, Bd. 15. 1865.

Moeller, Hj. Bidrag till Bornholms foss. Flora, *Pteridofyter.* Lunds Univ. Årsskr., Bd. 38, Afd. 2, Nr. 8. Lund 1902. — *Gymnospermer.* Sv. Vet.-ak. Handl., Bd. 36, Nr. 6. 1903.

Nathorst, A. G. Bidrag till Sveriges foss. Flora. — Sv. Vet.-ak. Handl., Bd. 14, Nr. 3, 1876.

— Beiträge zur fossilen Flora Schwedens. Über einige rhätische Pflanzen von Palsjö in Schonen. Stuttgart 1876.

— Bemerkungen über *Clathropteris meniscioides* Brongn. und *Rhizomopteris cruciata* Nath. — Sv. Vet.-ak. Handl., Bd. 41, Nr. 2. 1896.

— Über *Dictyophyllum* und *Camptopteris spiralis.* — Ibid., Bd. 41, Nr. 5. 1906.

— Über *Thaumatopteris Schenkii* Nath. — Ibid., Bd. 42, Nr. 3. 1906.

— Über die Gattung *Nilssonia* Brongn. — Ibid., Bd. 43, Nr. 12, 1909.

Novopokrovskij, J. Beiträge zur Kenntnis der Juraflora des Tyrmatales (Amurgebiet). — Explor. Géol. et Min. le long d. Chem. d. fer d. Sibérie, Livr. 32. St. Petersburg 1912.

Popp, O. Der Sandstein von Jägersburg bei Forchheim und die in ihm vorkommenden fossilen Pflanzenreste. — N. Jahrb. f. G. M. und Palaeont. Jahrgang 1863.

Raciborski, M. Flora kopalna ogniotrw. glinek Krakowskich I: *Archegoniatae.* — Pamietn. m.-prz. Akad. Umiej. Tom. 80. Krakau 1894.

— Über die Osmundaceen und Schizäaceen der Jurafloren. — Engler's Bot. Jahrb., Bd. 13, 1891.

Richter, P. B. Beiträge zur Flora der unteren Kreide Quendlinburgs I: Die Gattung *Hausmannia* Dunker und einige seltene Pflanzen. Leipzig 1906.

Schenk, A. Die fossile Flora der Grenzschichten des Keupers und Lias Frankens. Wiesbaden 1867. — p. 229 squ. »Übersicht«.

Schimper, W. Ph. Traité de Paléontologie végétale. Paris 1869—1871.

Seward, A. C. The Jurassic Flora I: The Yorkshire coast. London 1900. — II. Liassic and Oolitic floras of England. London 1904.

— The Jurassic Flora of Shuterland. — Transact. Roy. Soc. Edinburgh. Vol. 47, Part. 4 (Nr. 23). 1911.

Stur, D. Reisebericht. — Verhandl. Geol. Reichsanstalt Wien, Jahrg. 1865. Sitzung vom 8. August und 12. September.

— Geologie der Steiermark. Graz 1871. p. 464: »Tabelle«.

— Beitrag zur Kenntnis der Liasablagerung von Hollbach und Neustadt in der Umgebung von Kronstadt in Siebenbürgen. — Verhandl. Geol. Reichsanstalt Wien 1872.

Thomas, H. Hamsh. The foss. flora of the Cleveland district. — Quart. Journ. Geol. Soc. London, Vol. 69, June 1913.

Traut, F. Die Grestener Schichten der österreichischen Voralpen und ihre Fauna. — Beiträge zur Palaeontologie und Geologie Österreich-Ungarns und des Orients, Bd. 22. Wien 1909.

Unger F. Genera plantarum fossilium, Vindobonae 1850.

Zeiller, R. Revue de travaux de Paléont. végétale. — La Revue géner. de Botan., Tom. 9, 1897.

— Flore fossile de gîtes de charbon du Tonkin. Paris Atlas 1902, Texte 1903.

Inhaltsübersicht.

- Vorwort und Historisches 345
- Systematische Übersicht über die fossile Flora des unteren Lias 346
  - I. Filicales 346
    - Polypodiaceen 347
      - *Praedeparia* Stur nom. mus. gen. nov.
    - Matoniaceen 348
      - *Laccopteris.*
      - *Gutbiera.*
      - *Andriania.*
    - Dipteridiaceen 349
      - *Hausmannia.*
      - *Clathropteris.*
      - *Dictyophyllum.*
      - *Thaumatopteris.*
    - Osmundaceen 354
      - *Todites.*
    - Schizaeaceen 356
      - *Klukia.*
  - II. Marattiales 356
    - *Marattiopsis.*
    - *Taeniopteris.*
  - III. Hydropterideen 357
    - *Sagenopteris.*
  - IV. Equisetales 357
    - Equisetites.
  - V. Cycadophyten 358
    - A. Blüten.
      - *Williamsonia.*
    - B. Stammgebilde.
      - *Cycadites elegans* Ettingsh. nom. mus.
    - C. Sichere Cycadophyten-Beblätterungen.
      - *Pterophyllum.*
      - *Anomozamites.*
      - *Dioonites.*
      - *Ptilophyllum.*
      - *Zamites.*
      - *Otozamites.*
      - *Podozamites.*
    - D. Nilssoniales.
      - *Nilssonia.*
    - E. Wahrscheinliche Cycadophyten.
      - *Thinnfeldia.*
      - *Ctenopteris.*
      - *Ctenis.*
  - VI. Ginkgophyten 367
    - *Baiera.*
  - VII. Coniferen 370
    - *Pallissya.*
    - *Cheirolepis.*
    - *Schizolepis.*
    - *Pityophyllum.*

Regionaltektonische Gliederung des mittleren Teiles der ostalpinen Zentralzone

Von

Prof. Dr. Leopold Kober

(Mit 1 Textfigur)

(Vorgelegt in der Sitzung am 3. November 1921)

Die nachfolgenden kurzen Zusammenfassungen sind die Ergebnisse von Studien aus den Jahren 1906 bis 1913 und 1919 bis 1921 und geben eine Übersicht über die regionaltektonische Gliederung des mittleren Teiles der Zentralzone der Ostalpen. Diese Studien wurden 1921 zum Abschlusse gebracht und hiermit veröffentlicht. Der Akademie der Wissenschaften schulde ich Dank für die mir 1921 nochmals verliehene Subvention.

Das behandelte Gebiet ist in den letzten Jahren vielfach neuerdings durchforscht worden. Ich möchte hier kurz nennen: die Tauernuntersuchungen von Uhlig, Becke, Kober, Schmidt, Trauth, Stark, Seemann, die Arbeiten von Sander, von Hartmann, Furlani, Ohnesorge, Holdhaus, Geyer, Tornquist u. a.

Ich habe in der Tauernarbeit bereits Gelegenheit gehabt, den Aufbau des östlichen Tauernfensters genauer aufzuzeigen. Ich habe dort den Nachweis gebracht, daß die Tauern Deckenbau zeigen und daß sich ganz bestimmte Gesteinsfolgen übereinander nachweisen lassen. Ich möchte nun hier zeigen, daß der Bau des Ostens kein spezieller Fall ist, sondern nur der Ausfluß des allgemeinen Bauplanes, der auch den Westen beherrscht.

Wir unterscheiden im ganzen Gebiet der zentralalpinen Zone der Ostalpen von unten nach oben folgende große Gesteinszonen (Deckenmassen).

1. Die Zentralgneise bilden überall die tiefsten Gesteinsmassen und gliedern sich in die Zentralgneise im engeren Sinne, die eigentlichen Orthogneise, verschieferte Granite (Tonalite etc.) und die Paragneisse mit Glimmerschiefern, das Dach der wahrscheinlich karbonen »Zentralgneisintrusionen« bildend. Paläozoikum ist gering entwickelt, Konglomeratgneise, Porphyroide und Sandsteine.

Die Zentralgneismassen scheiden sich in eine östliche Hälfte und eine westliche. Im östlichen Tauernfenster bildet die tiefste Zone die Ankogelmasse, darüber liegt die Hochalmmasse, darüber die Sonnblick- und die Modereckdecke. Schiefermulden verschiedener Breite trennen die einzelnen Zentralgneismassen, so die Lieser-, die Woigsten-, die Seebach-, die Mallnitzer Mulde u. a. Im Westen ist die tiefste Einheit die Zentralgneismasse der Ahornspitze. Höher liegt die Tuxer Masse. Zwischen beiden finden sich noch trennende Glimmerschiefermulden, so südlich der Ahornspitze (F. Becke). Die höchste Einheit ist die Zillertaler Masse mit einer kleinen Abspaltung im Dache. Von Westen und Osten reichen trennende Schiefermulden (Greinermulde) tief zwischen die beiden Hauptzentralgneisdecken des westlichen Tauernfensters ein. In der Mitte scheinen die Massen zu verschmelzen. Die große tektonische Kluft zwischen beiden Deckenmassen ist noch aufzusuchen. Auffällig ist im ganzen Westen die Hauptstreichrichtung SW—NO, das starke Zusammenpressen der Zentralgneismassen zu langgestreckten Linsen, die ost- und westwärts spitz endigen, ausgezogen gleichsam, wie etwa im kleinen ein Feldspatporphyroblast in einem Augengneis ausgezogen sein kann. Im Osten ist die Streichrichtung NW—SO. Tiefere Einsicht in den Bau der Alpen zeigt, daß die westliche Richtung (SW—NO) an die schwäbische Richtung anklingt, die östliche (NW—SO) an die des Böhmerwaldes. So erscheinen große Leitlinien in der Tiefe des alpinen Deckenbaues. Die Verbindung zwischen den Zentralgneismassen des Westens mit denen des Ostens gibt der Granatspitzkern. Aller Wahrscheinlichkeit nach gehören folgende Deckenmassen in eine Einheit, sind einander gleichzustellen. Zillertaler Masse — Granatspitz — Sonnblick. Tuxer Kern—Hochalm. Ahornspitze—Ankogel. Nähere Studien werden erst jetzt von besonderem Interesse, wo diese Zusammenhänge wahrscheinlich werden.

2. Die Schieferhülle ist die nächsthöhere große Gesteinszone einheitlicher Art durch das ganze Tauernfenster. Meiner Meinung nach ist sie zum großen Teil mesozoisch; sie kann aber auch paläozoische Elemente enthalten.[1] Für die Tektonik ist das Alter des ganzen Schichtkomplexes — ob mesozoisch oder paläozoisch — vollständig nebensächlich. In das Mesozoikum möchte ich stellen: Quarzite, Rauchwacken, Marmore, Dolomite (Angertalmarmor — Hochstegenkalk). Die große Masse der Schiefer würde dem Jura (der Unterkreide) zufallen. Oberkreide ist meines Erachtens in der Schieferhülle nicht vorhanden, weil der Deckenbau der Ostalpen immer noch als vorgosauisch betrachtet werden muß.

Diese beiden großen Einheiten fassen wir als die penninischen Decken der Tauern zusammen und betrachten sie als die Äquivalente der penninischen Decken der Westalpen.

---

[1] D. i. Permokarbon—Jura.

3. Die Radstädter Decken bilden die nächstfolgende Einheit. Sie sind am besten in den Radstädter Tauern entwickelt, gliedern sich dort in eine untere und eine obere Deckenserie, die durch einen krystallinen Keil — das Twengerkrystallin — getrennt werden. Die Schichtfolge zeigt Altkrystallin, darüber Spuren von Paläozoikum (Phyllite etc.), Quarzit, Triasdolomit, Pyritschiefer, Jurakalk etc. Basal der Radstädter Decke liegt meist eine Mischungszone dieser Decke mit den Gesteinen der Schieferhülle. Die Radstädter Decke konnte als Einheit vom Katschberg über die Radstädter Tauern, über das Gasteinertal bis auf die Nordseite der Glocknergruppe verfolgt werden. Im Habachtale fand ich die Radstädter Decke nicht. Sie ist wieder in Krimml vorhanden, in der Gerlos, besonders in den Tarntaler Köpfen. Von da zieht sie als stark laminierte Zone nach Matrei, nach Steinach und in Fetzen bis Gries a. Br. Auf der Südseite ist ein langer Zug Radstädter Gesteine von Döllach bis über Windisch-Matrei hinaus bekannt. Die Radstädter Gesteine bilden einen Ring von recht verschiedener Breite über der Schieferhülle. Sie waren einst über der Schieferhülle als geschlossenes Dach vorhanden. Sie sind mesozoisch und damit der eigentliche sichere Beweis für die Fensternatur der Tauern. Denn wir sehen, wie die Radstädter Tauern unzweifelhaft von älteren Gesteinen allgemein überlagert werden.

4. Nun folgen die Quarzphyllite, jene Gesteinsserie, die hauptsächlich im Norden über den Radstädter Tauern zu liegen kommt. Die typischen Quarzphyllite liegen im Westen, fangen am Brenner an, etwa bei Matrei und lassen sich über das Zillertal weit nach Osten verfolgen. Ohnesorge hat die Quarzphyllite im Blatt Rattenberg bis über den Rettenstein gegen Osten verfolgt. Sie nähern sich dabei immer mehr der Salzach. Bei Bruck—Fusch sind diese Quarzphyllite nicht recht vorhanden. Östlich vom Gasteinertal nimmt eine Schichtfolge über den Radstädter Tauern wieder überhand, die als Quarzitserie (Quarzitdecke von Uhlig) bezeichnet worden ist. Tektonisch ist diese Serie von Quarziten und Quarzphylliten das Äquivalent der Quarzphyllite des Westens; stratigraphisch halte ich diese Niveaus für Paläozoikum. Im Süden fehlen diese Quarzphyllite als große geschlossene Zone, aber ich zweifle nicht, daß sie lokal aufgefunden werden können. Ich selbst habe bei Döllach Reste dieser Serie schon erkannt, Spuren finden sich auch nach Sander im Westen.

5. Das Altkrystallin ist die nächste Einheit, die allgemein über dem Quarzphyllit zu liegen kommt. Im Westen sehen wir vom Brenner bis gegen Innsbruck die Quarzphyllite unter das Krystallin einfallen. Im Patscherkofel liegt direkt eine Deckscholle von Altkrystallin auf Quarzphyllit. In den Radstädter Tauern sehen wir im Gurpetscheck, im Seekaar die Quarzphyllite allgemein unter das Krystallin einfallen. Mehr oder weniger isolierte Reste von Krystallin sind die Linsen von Kellerjochgneis im Quarzphyllit des Westens (Zillertal). Diese

Gneismassen sind die Fortsetzung des Altkrystallins des Patscherkofels und müssen wie diese über dem Quarzphyllit liegen. Dafür sprechen auch die Aufnahmen von Ohnesorge, dessen Karte (Blatt Rattenberg) besonders die kleineren Vorkommnisse von Gneis im östlichen Abschnitte, immer auf den Kämmen sitzend, zeigt, also den tektonischen Charakter von Deckschollen zeigen. Daß das wirklich der Fall sein wird, beweist, daß im Osten die Schladminger Masse mit dem gleichen tektonischen Bilde innerhalb der Quarzphyllite ausspitzt. Sie liegt — wie gesagt — im Gurpetscheck unzweifelhaft über dem Quarzphyllit. Das Altkrystallin zieht als geschlossene Masse im Süden des Tauernfensters herum und vereinigt sich im Westen mit der Ötztaler Masse. Im Norden sind noch Stirnreste dieser großen Decke im Kellerjochgneis vorhanden, wenngleich nur mehr in geringen Resten. Sie sind der unzweifelhafte Beweis der Existenz einer zusammenhängenden krystallinen Deckenmasse über der Radstädter Decke. Die Stirn der Decke kennzeichnet die Linie Kellerjochgneis—Schladming. Die Quarzphyllite hüllen den Kellerjochgneis von oben und von unten ein. Auch sie formen im großen eine Stirne, im allgemeinen zugleich die unmittelbare Auflagerung des Altkrystallins bildend. Wo sie im Liegenden des Altkrystallins vorkommen, sind sie im großen nichts anders als eben der Liegendschenkel des Altkrystallins, das in seiner Gänze eine riesige oftmals digitierte Deckenmasse bildet.

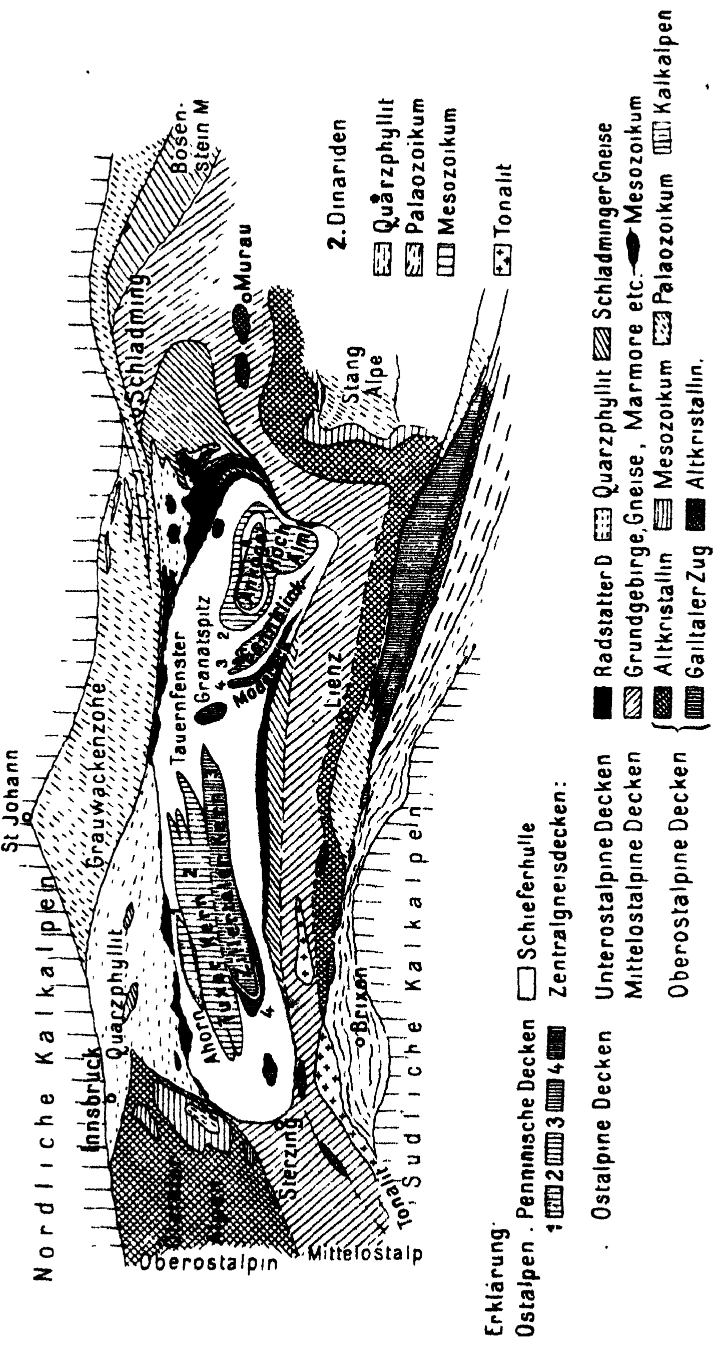
Die krystallinen Massen der Tauernumrahmung sind nicht alle der gleichen tektonischen Position. Im Osten sieht man folgendes. Über der Radstädter Decke der Tauern folgt bei Schladming bis Mauterndorf das Altkrystallin der Schladminger Masse. In den Schladminger Alpen ist es bei 10 *km* mächtig (dick) und zirka 20 *km* lang. Im Tale von Sölk und St. Nicolai wird die Schladminger Masse von einem hochmetamorphen Quarzit-Kalk-Marmorband ummantelt. Die Zone läßt sich bei St. Nicolai sehr schön erkennen, ebenso südlich des Sölkpasses.

Das ist die tiefste krystalline Zone, die wir hier als die eigentliche Schladminger Decke bezeichnen. Wir vereinigen diese Einheit samt dem Quarzphyllit, den Radstätter Tauern zur unterostalpinen Deckenmasse. Diese Decke fehlt als geschlossene Zone weithin, findet sich aber immer wieder in Spuren. Ein Äquivalent der Schladminger Masse existiert meiner Meinung nach im Westen nicht, es sei denn, daß der Kellerjochgneis unmittelbar auf und im Quarzphyllit liegend als Äquivalent der Schladminger Decke aufgefaßt werden kann.

6. Die nächste Zone bildet eine weithin vorhandene krystalline Serie von ganz besonderem Charakter. Altkrystallin von hoher Metamorphose in diaphthoritischem Zustande, weithin granatisiert (d. h. von Granaten durchsetzt), mit vielen Anzeichen einer (alten?) Kontaktmetamorphose (mächtige Granatamphibolitmassen mit ganz besonders groß entwickelten

Regional-tektonische Gliederung des mittleren Teiles der ostalpinen Zentralzone L. Kober 1921

Masstab 1 : 1,135 130


Nordliche Kalkalpen
St. Johann
Grauwackenzone
Quarzphyllit
Innsbruck
Schladming
Bösenstein M.
oMurau
Stang Alpe
Tauernfenster
Granatspitz
Ahorn
Tuxer Kern
Zillertaler Kern
Hochalm
Ankogel
Sonnblick
Modereck
Lienz
Sterzing
Brixen
Tonalit
Südliche Kalkalpen
Oberostalpin
Mittelostalp
2. Dinariden
Quarzphyllit
Palaozoikum
Mesozoikum
Tonalit
Erklärung:
Ostalpen. Penninische Decken ☐ Schieferhülle
1 2 3 4 Zentralgneisdecken:
Ostalpine Decken: Unterostalpine Decken ■ Radstatter D. ▦ Quarzphyllit ▨ Schladminger Gneise
Mittelostalpine Decken ▨ Grundgebirge, Gneise, Marmore etc. ● Mesozoikum
Oberostalpine Decken ▦ Altkristallin ▤ Mesozoikum ▨ Palaozoikum ▥ Kalkalpen
▥ Gailtaler Zug ■ Altkristallin

Hornblendegarben), Marmore, Kalke, Pegmatite, Glimmerschiefer und mannigfach gestaltete Ortho- und Paragesteine gehören hierher, bilden das Gros des ostalpinen Krystallins, der Muralpen, der Schober-, der Kreuzeck- und Polinikgruppe usw. Im Westen und Süden ist diese Zone vorhanden. Nahe den Tauern finden in dieser Zone sich die tertiären Intrusionen. Diese ganze Zone ist meiner Meinung nach das tektonische Äquivalent der Zone von Bellinzona, der Zone von Ivrea, mit einem Worte, der mittelostalpinen Deckenmasse der westalpinen Geologen. Diese Einheit bildet die Unterlage des Ortler (Laaser Phyllite, Marmore, Kinzigitgneise, Silimanitgneise der Campodecke [Staub]). Im Osten gehören hierher die gleichen Gesteine der Muralpen. Hierher gehören auch die Dolomite, Marmore, Phyllite des Schneeberger Zuges (Sander).

7. Noch höher liegt im Osten die Bundschuh-Gneismasse, die zuerst Geyer näher bekannt gemacht hat. Die Bundschuhmasse liegt auf Glimmerschiefer, Quarzphylliten etc. und trägt auf ihrem Rücken die Trias der Stangalpe. Das ist bereits die obere ostalpine Decke. Hierher gehören die Quarzphyllite der Frauenalpscholle, die Tornquist vor kurzem als Deckschollen auf der Marmor-Glimmerschieferzone von Murau erkannt hat. Diese Marmor-Glimmerschieferzone ist nichts anderes als die mittelostalpine Decke. Die Quarzphyllite der Frauenalpscholle von Tornquist sind das seitliche Äquivalent der Bundschuhgneise, mit denen sie sich verzahnen dürften. Diese Verhältnisse sind noch zu klären. Im Westen rechne ich zu dieser Zone das Stubai-Ötztaler Massiv mit der Tribulaun Trias (Saile etc.) Diese Trias liegt auf dem Krystallin, ist das Äquivalent der Stangalpen Trias. Diese Trias wird von Carbon überschoben und hat nichts mit der Radstädter Trias[1] zu tun. Die Wurzelzonen für diese oberostalpine Trias vermute ich in den Schuppen von Mauls, Kalkstein, in den Marmoren (Kalken von Wöllan) des östlichen Drautales.

8. Als nächste Einheit sehen wir allerorts die echten paläozoischen Elemente mit der typischen ostalpinen Trias, die Grauwacken- und die Kalkzone bildend. Ohne hier auf nähere Detailgliederungen einzugehen, möchte ich auf folgendes hinweisen. Im Westen folgt nach Ohnesorge über dem Quarzphyllit (mit dem Kellerjochgneis) das Paläozoikum (Wildschönauer

---

[1] Aus dieser falschen Verbindung ergeben sich alle die vielen Schwierigkeiten, die schon Suess veranlaßten, für dieses Gebiet eine Verfaltung von Ostalpin und Lepontin anzunehmen. Diese Verfaltung geht als das Odium der Deckenlehre der Ostalpen durch die ganze Literatur. Sander, besonders Spitz haben in ihrer bekannten Art dagegen gewettert. Aber keiner hat die Kraft gehabt, Ordnung in das Chaos zu bringen. Und doch liegen die Verhältnisse so einfach. Freilich haben Hartmann, Spitz, Sander den Fehler begangen, daß sie die Tarntalerköpfe als Auflagerung auf den Quarzphyllit ansahen, was wieder nicht der Fall ist. Die Radstädter Decke liegt im Brenner unter dem Quarzphyllit und Altkrystallin (in hoher tektonischer Zertrümmerung).

Schiefer, Kitzbühler Kalke etc.) und darauf die Kalkzone. Bei Schladming folgt die Grauwackenzone dem Krystallin — nicht im primären Verbande — darauf die Kalkzone des Dachstein. Der Mandlingzug ist dabei SW—NO streichend der Grauwackenzone eingeknetet. Im Süden liegt ebenfalls Paläozoikum als Basis der Trias (Karawanken—Gailtaler Alpen), mit dem höheren Altkrystallin verbunden. Im Tribulaun, in der Stangalpe, sehen wir Trias unmittelbar auf Altkrystallin liegen und vom Carbon überschoben. Letzteres ist dabei sicher ein Teil der Grauwackenzone des Südens, also der Unterlage der Gailtaler Alpen.

Alle diese Elemente sind höhere Teile der oberen ostalpinen Decke.

9. Darüber kommt noch die hochostalpine Serie zu liegen (Hallstätter und Dachsteindecke). Das sind nur ganz skizzenhafte Ausführungen, die durch die beigegebene Figur veranschaulicht werden sollen. Ich hoffe, später Gelegenheit zu haben, mich weitgehender über die Verhältnisse aussprechen zu können, möchte aber die Zeilen nicht schließen, ohne noch folgendes zu sagen.

Ich habe mich jahrelang bemüht, den Deckenbau der Ostalpen aufzuzeigen. Was ich von seiten meiner Kollegen geerntet habe, war Spott und Diskreditierung meiner Arbeiten. Man lese die Referate von Heritsch, Ampferer, von Schwinner, von Sander u. a. Das alles hat mich kalt gelassen und ich werde auch jetzt nicht viel Worte darüber verlieren, wenn Schwinner noch jüngst die Deckenlehre eine abenteuerliche Periode in der geologischen Erforschung der Alpen bezeichnet hat, wenn Klebelsberg vor kurzem noch sagt, daß die Unkenntnis der Ostalpen die Deckenlehre ermöglicht. Der wahre Sachverhalt ist: die alte Auffassung der Autochthonie der Alpen ist nur bisher so lange möglich gewesen, weil man die Alpen so wenig gekannt hat. Wie traurig es um diese Verhältnisse steht, beweist schlagend die Entdeckung der Trias auf der Stangalpe. So viele Geologen waren schon dort. Und es ist kein Lob für diese, daß ein Zoologe kommen mußte, um dort die Trias zu finden, dort, wo ein alpines Kalkgebirge, etwa von der Art der Brenner Trias, hunderte Meter mächtig, weithin zu verfolgen ist. Und dieses Überschiebungsgebiet ist »das klassische Land« des variszischen Horstes, wo das Carbon nach Heritsch die alte variszische transgressive Lagerung zeigt. Das ist auch das Gebiet, das für Sander das Äquivalent der paläozoischen Schieferhülle der Tauern ist. Mehr Probleme als jemals bieten uns die Ostalpen. Mesozoikum ist an der Grenze von Grauwackenzone und Krystallin zu erwarten, an Stellen, wo es kein Geologe erwarten würde. Die Deckenlehre zeigt den Sehenden die Wege, auf denen die Geologie der Alpen die großen Fortschritte unaufhaltsam erzielen wird, mögen auch immer wieder einzelne versuchen, den allgemeinen Fortschritt aufzuhalten.

Der mikrochemische Nachweis pflanzlicher Blausäureverbindungen

Eine neue mikrochemische Methode zum Nachweis von Cyanwasserstoff und Emulsin

Von

Hermann Brunswik

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien.
Nr. 174 der zweiten Folge

(Mit 1 Textfigur)

(Vorgelegt in der Sitzung am 1. Dezember 1921)

A. Einleitung.

1. Historisches. — Ziel der Arbeit.

Seit den Arbeiten des holländischen Botanikers M. **Treub**[1] über die physiologische Bedeutung des Vorkommens von Blausäure bei *Pangium edule* **Reinw.**, *Phaseolus lunatus* u. a. ist das Interesse an dieser auch heute noch nicht abgeschlossenen Frage stets wachgeblieben. Die gleichzeitig einsetzenden chemisch-physiologischen Untersuchungen hauptsächlich englischer, französischer und italienischer Forscher haben einerseits die Konstitution vieler in der Pflanze vorkommender Blausäureverbindungen aufgeklärt, andrerseits ergab sich eine unerwartet weite Verbreitung dieser Stoffe bei den verschiedensten Familien und Gruppen des Pflanzenreiches. So kann bereits 1906 **Greshoff**[2] ungefähr 175 HCN-führende Arten angeben und die aus jüngster Zeit stammende Liste L. **Rosenthaler's**[3] umfaßt schon 360 Arten aus 41 Familien.

---

[1] M. **Treub**, Sur la localisation, le transport et le rôle de l'acide cyanhydrique dans le Pangium edule Reinw. Ann. d. Jardin Bot. de Buitenzorg, Vol. XIII, p. 1—89 (1895). — Nouvelles recherches sur le rôle de l'acide cyanhydrique dans les plantes vertes, I, II, III. Ann. d. Jardin Bot. de Buitenzorg, Ser. 2, Vol. IV, p. 86—147 (1905); Vol. VI, p. 79—106 (1907); Vol. VIII, p. 85—118 (1909).

[2] W. **Greshoff**, Über die Verteilung der Blausäure in dem Pflanzenreiche. Arch. d. Pharmazie, 1906, Bd. 244, p. 397—400, p. 665—672.

[3] L. **Rosenthaler**, Beiträge zur Blausäure-Frage. Schweiz. Apoth. Ztg., 1919, 57. Jahrg., p. 267 ff.

Diese Befunde scheinen immerhin für die von Treub aufgestellte Hypothese einer Bedeutung der Blausäure bei der Stickstoffassimilation zu sprechen, doch konnten gerade auf physiologischem Gebiete in den letzten zehn Jahren keine klärenden oder abschließenden Ergebnisse erzielt werden.

Im folgenden wurde nun versucht, zu prüfen, inwieweit es gelingt, die in der Pflanze gebildeten Blausäureverbindungen mikrochemisch nachzuweisen, da auf Grund einer in dieser Hinsicht ausgebildeten Methodik eine Erleichterung beim weiteren Aufdecken der Verbreitung dieser Verbindungen in der Pflanzenwelt und ihrer physiologischen Bedeutung zu erwarten ist.

2. Übersicht über die in der Pflanze vorkommenden Blausäureverbindungen.[1]

a) Die Blausäureglukoside.

Die cyanwasserstoffhältigen Körper, die bisher aus Pflanzen isoliert und eingehend studiert wurden, erwiesen sich alle als sogenannte »Blausäureglukoside«. Es ist dies eine Reihe von Verbindungen, die in ihrem Molekül außer dem Zuckerkomplex und einem aromatischen oder aliphatischen Aglykon noch ein Molekül Cyanwasserstoff HCN enthalten, das bei Hydrolyse mit verdünnten Säuren oder bei enzymatischer Spaltung (Emulsin) in Freiheit gesetzt wird.

Nach dem Vorgange von Greshoff[2] lassen sich die bisher bekannten Blausäureglukoside je nach der Beschaffenheit ihres Aglykons in drei getrennte Gruppen stellen:

1. Benzaldehydcyanhydringlukoside. Hieher gehören: Amygdalin $C_{20}H_{27}NO_{11}$ (2 Mol. Glukose + Benzaldehyd + HCN) sowie das nahezu identische Pterisamygdalin,[3] Laurocerasin (amorphes Amygdalin), die drei isomeren Glukoside Prulaurasin, Sambunigrin und Prunasin $C_{14}H_{17}NO_6$ (1 Mol. Glukose + Benzaldehyd + HCN; auch isomer mit dem Mandelsäurenitrilglukosid E. Fischer's), schließlich Vicianin $C_{19}H_{25}NO_{10}$ (1 Mol. Glukose + 1 Mol. Arabinose [Pentose] + Benzaldehyd + HCN), schon loser Dhurrin $C_{14}H_{17}NO_7$ (1 Mol. Glukose + Paraoxybenzaldehyd + HCN) sowie das noch nicht völlig aufgeklärte Corynocarpin, respektive Karakin.

2. Acetoncyanhydringlukoside. Zu diesen zählt das Linamarin, das nach Dunstan und Henry identisch ist mit dem von ihnen dargestellten Phaseolunatin $C_{10}H_{17}NO_6$ (1 Mol. Glukose + Aceton + HCN); auch das früher als

---

[1] Vgl. den ausführlichen Abschnitt in F. Czapek, Biochemie der Pflanze, 2. Aufl., III. Bd. (1921), p. 205—220.

[2] W. Greshoff, l. c., p. 665—672.

[3] W. Greshoff, Vorübergehende Anwesenheit von Blausäure im Farn. Ref. Chem. Zentralbl., 1908, II, p. 334. — Unterscheidet sich von Amygdalin nur durch seine größere Löslichkeit in Ätheralkohol.

eigenes Glukosid geführte Mannihotoxin (liefert bei der Spaltung Aceton + HCN) dürfte mit den genannten beiden völlig übereinstimmen. — Nahe verwandt mit diesen drei Glukosiden ist schließlich Gynocardin $C_{13}H_{19}NO_9$, das aus Glukose, HCN und einem nicht näher bekannten Diketon $C_6H_8O_4$ besteht.

3. Lotoflavincyanhydringlukoside. Diese interessante Gruppe, die ein Bindeglied zu den reinen, weit verbreiteten Flavonen darstellt, wird repräsentiert durch das von Dunstan und Henry studierte Lotusin $C_{28}H_{31}NO_{16}$ — spaltet in zwei Mol. Glukose, Blausäure und Lotoflavin $C_{15}H_{10}O_6$ (isomer mit Luteolin und Fisetin).

Schließlich ist eine große Zahl von Pflanzen bekannt, die ein HCN-abspaltendes Glukosid führen, dessen Konstitution noch nicht näher studiert wurde.[1] Die Zahl der Blausäureglukoside dürfte daher mit den eben angeführten bei weitem noch nicht erschöpft sein.[2]

b) Über die »lockere« Blausäurebindung.

In der botanischen Literatur über die Blausäurefrage findet sich bei zahlreichen Autoren (M. Treub, v. Romburgh, M. Dekker, A. W. de Jong, K. Peche, C. Ravenna, V. Babini, G. Bosinelli u. a. in den Jahren 1897 bis 1913) eine mehr oder minder scharf betonte Gegenüberstellung der oben angeführten, chemisch greifbaren Blausäureglukoside und einer »quasi-freien«, »labil-«, respektive »locker-gebundenen« oder gar »freien« Blausäure, die neben den »stabilen« Glukosiden in denselben Pflanzenorganen, besonders in den Blättern (speziell den jungen!), vorkommen soll.

Über die Art und Weise der »labilen« oder »lockeren« Bindung wurden nur Hypothesen geäußert (de Jong,[3] Peche[4]), chemisch isolierbar und analysierbar schienen die fraglichen Substanzen nicht zu sein.

In Anbetracht der Wichtigkeit, diese durch die verschiedensten Bezeichnungen einigermaßen in Verwirrung gebrachte und zudem noch teilweise hypothetische Frage zu klären, sollen die diesbezüglichen Angaben im folgenden kritisch zusammengestellt werden.

Das Vorhandensein von freier Blausäure in lebenden Zellen und Geweben im strengsten, wörtlichen Sinne erscheint höchst unwahrscheinlich und wurde in klarer Weise (nicht bloß als verschwommener, mehr der chemischen Terminologie entsprungener Ausdruck) auch von niemandem behauptet. Die Wirkung geringster HCN-Konzentrationen auf die Assimilation (O. Warburg[1]) durch Hemmung der »Blackmann'schen Reaktion«, gedacht als eine Schwermetallkatalyse an Oberflächen, die hemmende Wirkung der Blausäure auf die pflanzliche Atmung (H. Schroeder[2]), die schädigenden Folgen gasförmig dargebotener HCN in relativ schwachen Konzentrationen auch bei sogenannten Blausäurepflanzen, wie sie zuletzt Jungmann[3] festgestellt hat, schließlich die überaus große chemische Reaktions- und Additionsfähigkeit von HCN und seine physikalischen Eigenschaften (Flüchtigkeit) erlauben wohl nur eine glatte Verneinung dieser Möglichkeit.

---

[1] Vgl. E. Abderhalden, Biochem. Handlexikon, Bd. II, p. 720—722, Bd. VIII, p. 362—368.

[2] Über das jüngst entdeckte Hiptagin vgl. Czapek, l. c., III. Bd. (1921), p. 806.

[3] A. W. K. de Jong, Sur la présence d'acide cyanhydrique libre ou très faiblement combiné dans les feuilles du Pangium edule. Ann. d. Jard. d. Buitenzorg, 1908, Sér. 2, Vol. VII, p. 1—17. Ref. Just's Jahresbericht, 1908, 3. Bd., p. 550—553.

[4] K. Peche, Mikrochemischer Nachweis von Cyanwasserstoffsäure in Prunus Laurocerasus L. Sitzb. d. Akad. d. Wiss. in Wien, Bd. CXXI, Abt. I (1912), p. 15—16 (des Separatdr.).

Anders liegen die Verhältnisse bei der »labilen« oder »lockeren« HCN-Bindung, deren Vorkommen etwa als Cyanhydrin an Aldehyd- oder Ketongruppen, wie Jong[4] sie z. B. bei *Pangium edule* und *Prunus javanica* annimmt, von vornherein als möglich zugegeben werden muß.

Treub, der in dieser Hinsicht jedenfalls die genauesten und ausgedehntesten Untersuchungen (1891 bis 1909) anstellte, unterscheidet in seinen zwei ersten Arbeiten (1895, 1905) streng glukosidisch gebundene HCN (bestimmbar nach längerer Mazeration des Materials in H_2O) und »quasi-freie« HCN, die schon bei der »distillation directe« (Übergießen des frischen Materials mit siedendem Wasser und sofortiges Destillieren) zu gewinnen ist und nicht glukosidischer Herkunft sein sollte. Gerade diese letztere konnte er mit seiner Berlinerblaumethode nachweisen. Angeregt durch die Methodik, die Guignard bei *Sambucus nigra* anwandte, vollführte Treub in seiner nächsten Arbeit (1907) die »distillation directe« durch Übergießen des frischen Materials mit kochendem absoluten Alkohol oder mit kochender 30 %-Salzlösung (zirka 106° C.). Während durch Anwendung der Salzlösung von 106° die Menge der direkt abdestillierbaren HCN deutlich, aber gegenüber der mit reinem kochenden Wasser nur höchstens um die Hälfte herabgedrückt war, ergab die Destillation nach Übergießen mit kochendem absoluten Alkohol Werte, die sich bereits um eine ganze Dezimale von denen der früheren Methode unterschieden, eine scheinbare Ausnahme bildete nur *Pangium* sp. Treub[5] gestand auf Grund dessen zu, daß ein Teil der durch seine Methode (distillation directe) bestimmten »quasi-freien« HCN — trotz der Siedetemperatur — auf Grund rascher enzymatischer Spaltung der betreffenden Glukoside entstanden sei, dachte aber beim kochenden Alkohol nicht so sehr an eine raschere Enzym-Inaktivierung, als vielmehr an eine »spezifische Wirkung auf die Zellen« und hielt, besonders mit Rücksicht auf die Resultate bei *Pangium*, an der Existenz der labilen HCN-Bindung fest. — In seiner letzten Arbeit (1909) wirft Treub[6] neuerdings die Frage nach der Bindungsart der Blausäure in der Pflanze auf[1] und äußert sich, besonders im Hinblick auf seine an *Prunus javanica* ausgeführten methodischen Experimente, schon folgendermaßen (l. c., p. 116): »Folglich scheint es, daß im allgemeinen die Wirkung der Blattenzyme auf die betreffenden Blausäureverbindungen nicht allein sehr energisch ist, sondern, daß sie sich vor allem plötzlich (subitement) äußert, was ich früher nicht glaubte, annehmen zu können.... Ich lege Wert darauf, schon hier zu sagen, daß ich nun mehr und mehr von der Berechtigung der Ansicht Guignard's überzeugt bin, der immer die Glukoside als die absolut überwiegenden (absolument prédominant) HCN-Verbindungen nicht nur in den Samen, sondern auch in den Blättern angesehen hat.«

---

[1] O. Warburg, Theorie der Kohlensäureassimilation. Die Naturwissenschaften, 1921, IX. Jahrg., Heft 18, p. 354—358.

[2] H. Schroeder, Über den Einfluß des Cyankaliums auf die Atmung von Aspergillus niger etc. Jahrb. f. wiss. Botanik, 1907, Bd. 44, Heft 3, p. 409—481.

[3] W. Jungmann, Phys.-anatom. Untersuchungen über die Einwirkung von Blausäure auf die Pflanzen. Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch., 1921, 39. Jahrg., p. 84—88.

[4] de Jong, l. c. Vgl. auch Treub, l. c. (1909), p. 115.

[5] M. Treub, l. c. (1907), p. 97—98.

[6] M. Treub, l. c. (1909), p. 112—116.

Damit schien, trotzdem Dekker[2] und de Jong[3] noch an Treub's alter Auffassung festhielten, die Frage durch Treub selbst schon geklärt.

Um so überraschender ist es, daß Peche[4] (1912) für *Prunus laurocerasus* L. neuerdings auf eine reichlich vorhandene »lockere« HCN-Bindung (alles, was durch das Mercuronitratreagens nachweisbar war), neben den beiden Glukosiden Prulaurasin und Laurocerasin, zurückgreift. Peche urteilt folgendermaßen: »Angenommen, die nachgewiesene Blausäure entstünde durch Enzymwirkung auf die Glykoside, dann müßte man Benzaldehyd und Zucker in denselben Zellen, die Blausäure enthalten, nachweisen können, was für den Benzaldehyd nicht der Fall ist. (Nicht bewiesen, da bis jetzt kein eindeutiges Reagens auf Benzaldehyd in der Pflanzenmikrochemie bekannt ist! Anm. d. Verf.) Daß aber eine Enzymwirkung geradezu ausgeschlossen ist, geht aus dem verschiedenen Intensitätsgrade des Blausäurenachweises in stark und minder belichteten Blättern hervor, während die Reaktion, da der Glykosidgehalt derselbe bleibt (? vom Verf.[5]), stets dieselbe Intensität zeigen müßte.«

Es hat den Anschein, als ob Peche sich hierbei nur auf die ersten Arbeiten Treub's stützte, während ihm die exakten Versuche Treub's, die gerade an dem mit seiner Versuchspflanze in allem so ähnlichen *Prunus javanica* ausgeführt wurden (1909), scheinbar entgangen sind. Die Annahme einer reichlichen lockeren HCN-Bindung bei *Prunus laurocerasus* ist experimentell durch nichts begründet und durch die erwähnten Experimente Treub's an *Prunus javanica* sehr unwahrscheinlich gemacht.

---

[1] Vgl. l. c., p. 113. »... Est-il (HCN) engagé sous forme glucosidique ou non? Voilà surtout la question, qui se pose. Et, pratiquement, elle revient à une autre question, savoir: l'action enzymatique est-elle arrêtée, oui ou non, dans les conditions de l'expérience?«

[2] J. Dekker, Pharmac. Weekbl. 1906, Bd. 43, p. 942.

[3] de Jong, l. c. — Jong's Versuchsanstellung trachtet die Enzymwirkung durch niedere Temperaturen (abs. Alkohol von —10°) auszuschalten. Enzympräparate (immer schwächer als die nativen Enzyme!) erwiesen sich dabei tatsächlich als unwirksam. Bei ungepulverten, bloß zerschnittenen Blättern muß Jong zugeben, daß selbst durch dreistündigen Aufenthalt in Alkohol von —10° das Enzym in den Zellen noch nicht völlig unschädlich gemacht wurde. Dasselbe — nur in geringerem Maße — muß man für das gepulverte Material annehmen, aus dem Jong seine definitiven Werte zog.

[4] K. Peche, l. c., p. 15 (des Separatums).

[5] Bezieht sich wohl auf die Feststellung Verschaffelt's (1902), der aber den Glukosidgehalt nach der erzielbaren HCN bestimmte, also hier richtiger »Blausäuregehalt« zu setzen wäre, wodurch die ganze Argumentation hinfällig wird.

Auch Ravenna und seine Mitarbeiter[1] suchen 1912 den Gehalt an »freier« (gemeint wohl locker gebundener) HCN in den Organen verschiedener Blausäurepflanzen quantitativ festzustellen, gelangen aber bei Verfeinerung der Methodik (Tötung der Enzyme bei 110°) zu immer kleineren Mengen, wobei sie jedoch nach ihrer eigenen Ansicht die Möglichkeit nicht ausschließen können, daß während der Analysen das betreffende Glukosid infolge der raschen Wirkung der hydrolisierenden Enzyme gespalten worden sei.

Hält man die genau durchgeführten Versuche Treub's aus den Jahren 1907 bis 1909 mit den letztgenannten Resultaten zusammen, so gelangt man zur Überzeugung, daß es auch eine »locker gebundene« HCN in Wirklichkeit überhaupt nicht gibt, da bei fortschreitender Methodik (bei möglichst wirksamer Enzyminaktivierung) die Menge der aus frischen Blättern gewinnbaren HCN immer verschwindender wird. Daß sie nicht gänzlich auf Null gebracht werden kann (und nur diese experimentelle Tatsache ließ Treub zurückschrecken, diese letzte Folgerung zu ziehen), läßt sich durch die ungezwungene Annahme erklären, daß Glukosid und Enzym in diesen Fällen in denselben Zellen, wenn auch im Leben räumlich auseinandergehalten, vorkommen und bei den bisher verwendeten — und wohl auch bei allen möglichen — Methoden die Zellen stets um einen Augenblick früher getötet werden, Glukosid und Enzym daher eher miteinander in Berührung kommen, als die Inaktivierung des Fermentes erfolgen kann. Durch diese Koexistenz von einem HCN-Glukosid und einem rasch wirkenden Ferment[2] — wie sie auch in anderen Fällen angenommen wird — ist das scheinbare Vorkommen der »lockeren« HCN-Bindung gerade bei saftreichen und jugendlichen Organen (Blätter) im Gegensatz zu den trockeneren Samen, sowie die Verschiedenheiten bei den einzelnen Methoden direkter Destillation und beim mikrochemischen Nachweise verständlich.

Bereits Czapek[3] scheint einer ähnlichen Überzeugung zu sein, indem er die ganze Frage mit den Worten abtut: »Freie Blausäure kommt meist nur in sehr geringer Menge in der Pflanze vor; überall handelt es sich um enzymatische

---

[1] C. Ravenna und V. Babini, Sulla presenza dell'acido cianidrico libero nelle piante. Rend. Accad. Linc. Roma, Vol. XXI (1912), p. 540—547. Ref. Just's Jahresbericht, 41. Jahrg., 1913, p. 1420. — C. Ravenna und G. Bosinelli, Sulla presenza... etc. Nota III. Rend. Accad. Linc. Roma, vol. XXI (1912), p. 355—358. Ref. Just's Jahresbericht, 41. Jahrg., 1913, p. 1420.

[2] Dieser Standpunkt findet sich schon angedeutet von Pfeffer, Handb. d. Pflanzenphysiologie, 1. Aufl. (1881), I. Bd., p. 307, für Amygdalin-Emulsin in den bitteren Mandeln, wo er aber als nicht zutreffend fallen gelassen werden mußte.

[3] F. Czapek, Biochemie der Pflanzen, 2. Aufl., 3. Bd. (1921), p. 205.

Abspaltung derselben bei der Präparation unter dem Einfluß von Enzymen vom Typus des Mandelemulsins....«

Die Wichtigkeit dieses Gegenstandes jedoch, gerade in physiologischer Hinsicht und bei der Beurteilung mikrochemisch gewonnener Resultate, ließen es trotzdem angebracht erscheinen, die Literatur hierüber eingehender vorzuführen und selbst hierzu Stellung zu nehmen.

Wenn demnach im weiteren dieser Untersuchung noch von einer »lockeren« HCN-Bindung gesprochen wird, so sind dabei stets jene Verhältnisse gemeint, die durch das Zusammenvorkommen der bekannten Blausäureglukoside mit einem sehr wirksamen Ferment gegeben sind und die durch die heutige Methodik nicht näher aufgelöst werden können.

B. Mikrochemischer Nachweis der Blausäure (HCN).

I. Allgemeiner mikrochemischer HCN-Nachweis.

In der allgemeinen, respektive technischen Mikrochemie scheint nur ein geringes Bedürfnis nach einer Reihe brauchbarer Blausäurereaktionen bestanden zu haben. Sowohl Emich[1] wie Behrens[2] führen einzig die Berlinerblauprobe an, die ja, begleitet von der Geruchsdiagnose, bei nicht zu geringen Materialmengen, hinreichend ist.

Im Hinblick auf das häufige Vorkommen natürlicher Blausäureverbindungen, die durch enzymatische Prozesse leicht HCN abspalten, untersuchte ich sämtliche bei der makrochemischen, qualitativen Analyse gebräuchlichen Blausäurereaktionen auf ihre Verwertbarkeit in der Mikrochemie. Die hierbei erzielten Resultate sollen im folgenden dargestellt werden, während die Anwendbarkeit der einzelnen Reaktionen für botanische Zwecke erst nachher kurz zusammengefaßt werden wird.

1. Nachweis der Blausäure als Silbercyanid.

Blausäure und die löslichen Cyanide geben mit Silbernitrat einen weißen, amorphen Niederschlag von Silbercyanid [Cyansilber, $AgCN$, respektive $Ag^{\cdot}(Ag(CN)_2)'$]. Im Gegensatze zu dem in vielem sehr ähnlichen $AgCl$ bleibt Cyansilber am Lichte unverändert oder bräunt sich höchstens. In einer heißen Lösung von Na_2CO_3 oder K_2CO_3 etwas löslich, scheidet es sich aus diesen beim Erkalten krystallinisch, und zwar in feinen Nadeln ab (Bloxam[3]). In Wasser und verdünnten Säuren (bis zu 50 % HNO_3 in der Kälte) ist Cyansilber unlöslich, während NH_3 und Cyankalium lösend wirken unter Bildung des komplexen $AgCN.NH_3$, respektive Kaliumsilbercyanid. In konzentrierter heißer $AgNO_3$-Lösung oder bei Einwirkung konzentrierter HNO_3 bildet sich aus Cyansilber ein Silbercyannitrat, das in langen, weißen, glänzenden Nadeln (luft- und alkohol-, aber nicht wasserbeständig) krystallisiert und dem Bloxam[1] die Formel $AgCN.2\,AgNO_3$ zuschreibt. — Konzentrierte HCl verwandelt Cyansilber in Chlorsilber, obwohl ersteres das unlöslichere ist.

---

[1] Fr. Emich, Lehrbuch der Mikrochemie, 1911, p. 145.

[2] W. Behrens, Tabellen zum Gebrauch bei mikroskopischen Arbeiten, 1908, p. 160. — H. Behrens-Kley, Mikrochemische Analyse, 1915, 1. Teil, p. 180—181 und p. 184.

[3] Ch. L. Bloxam, Chem. News, Bd. 50, p. 155. Ref. Jahresber. d. Fortschr. d. Chemie, Bd. 37a, 1884/I, p. 475.

Infolge dieser Eigenschaften wird schon seit langem Silbernitrat zur Titration blausäurehältiger Destillate verwendet.[2] Als qualitatives Blausäurereagens hat Silbernitrat besonders wegen der schwereren Unterscheidbarkeit von AgCl und AgCN in der Makrochemie nur geringe Bedeutung gewonnen.

Auch bei qualitativen mikrochemischen Untersuchungen bietet der direkte Zusatz von Silbernitrat keine Vorteile. Der etwa auftretende amorphe Niederschlag im untersuchten Tropfen müßte erst durch seine Unlöslichkeit in verdünnter HNO_3 und seine Eigenschaften nach dem Umkrystallisieren mit Ammoniak näher bestimmt und besonders gegenüber AgCl scharf unterschieden werden.

Weitaus besser läßt sich Silbernitrat unter Ausnützung des niederen Siedepunktes von Blausäure (26° C.) im hängenden Tropfen als eindeutiges HCN-Reagens verwenden.

a) Silbernitrat im hängenden Tropfen.

Die Reaktion läßt sich am besten in derselben Anordnung durchführen, die Molisch[3] für den Ammoniumnachweis empfohlen hat. Auf den Objektträger wird ein gut anschließender, 3 bis 7 *mm* hoher Glasring[4] aufgelegt; in die so entstandene Kammer gelangt die zu prüfende Substanz. Das Ganze wird mit einem Deckgläschen bedeckt, an dessen Unterseite ein mäßig großer Tropfen einer 1%-Silbernitratlösung hängt.

1. Reaktionsverlauf. Enthält die Probe freie Blausäure — die der meisten Cyanide kann durch Ansäuern mit verdünnter H_2SO_4 oder HNO_3 (nicht HCl!) in Freiheit gesetzt werden —, so entsteht in der abgeschlossenen Glaskammer schon bei Zimmertemperatur eine Blausäureatmosphäre, die, da um 7 % leichter als

---

[1] Ch. L. Bloxam, l. c., und Chem. News, Bd. 48, p. 154. Ref. Jahresber. d. Fortschr. d. Chemie, 1883, Bd. 36 a, p. 472.

[2] Vgl. W. Treadwell, Lehrbuch der analytischen Chemie. I. Bd. (Qualit. Analyse), 9. Aufl., 1918, p. 309. — II. Bd. (Quantit. Analyse), 6. Aufl., 1913, p. 284—286 und p. 604—606.

[3] H. Molisch, Mikrochemie der Pflanze, 2. Aufl., 1921, p. 65.

[4] Um jeden etwaigen Verlust an HCN zu vermeiden, benützte ich zumeist Glaskammern mit fixem Boden von 5 *mm* Höhe und 14 *mm* Durchmesser (leicht herstellbar durch entsprechendes Absprengen des Endteiles der »Apothekergläschen«).

Luft, langsam aufsteigt und vom hängenden Silbernitrattropfen absorbiert wird. In kurzer Zeit bildet sich in diesem eine — oft schon makroskopisch sichtbare — weißliche Trübung, die sich bei mikroskopischer Betrachtung meist als ein Gewirr kleinerer und größerer feinster Nadeln[1] von Silbercyanid erweist (Fig. 1, *a*). Die allmähliche Bildung (zuerst am Tropfenrand, dann auch in der Tropfenkuppe) und Verdichtung des Cyansilberniederschlages läßt sich mit dem Mikroskop gut verfolgen. — Da der Siedepunkt von HCN bei 26° liegt, genügt schon ein ganz vorsichtiges und kurzes Anwärmen über dem Mikrobrenner, um die Reaktion bei Spuren von Blausäure zu beschleunigen.

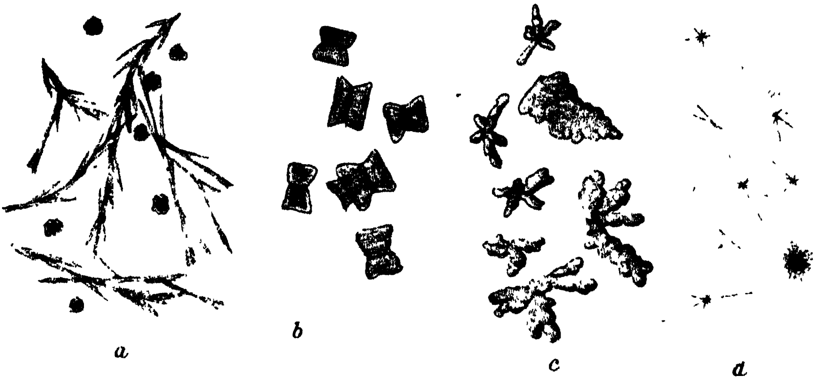


Fig. 1.

a) Nadeln, Ranken und Drusen von Silbercyanid, im hangenden Tropfen entstanden. *b)* Schachturmartige Krystalle von Silbercyannitrat. — *c)* Silbercyanid umkrystallisiert in NH_3: Kleeblattformen. — *d)* Silbercyanid, mit heißer $50\,^0/_0$-HNO_3 umkrystallisiert: feine Nadeln und Nadelbüschel. — Vergr. 285.

2. Krystallform. — Optisches Verhalten von Silbercyanid. Die so entstehenden Krystalle sind äußerst charakteristisch und bei einer gewissen HCN-Konzentration völlig identisch mit den durch Umkrystallisieren von amorphem Silbercyanid in heißem K_2CO_3 erhaltenen Krystallnadeln. Wenn auch die Krystallform je nach der Schnelligkeit und Menge der absorbierten HCN etwas schwankt (sind nur Spuren von HCN vorhanden und erfolgt ihr Freimachen sehr langsam, so bilden sich relativ große, kompakte Krystalle oder Sphärite in der Randzone des Tropfens), so sind sie doch stets gut ausgebildet; nur in einer sehr konzentrierten Blausäureatmosphäre, z. B. beim Halten eines Reagenstropfens über die Öffnung eines Behältnisses von altem Cyankalium, entstehen weniger schöne Krystalle, die einigermaßen

---

[1] In der Ausbildung charakteristischer AgCN-Krystalle — durch diese Versuchsanordnung ermöglicht — liegt der Vorteil dieser Methode.

zusammenbacken. — Im polarisierten Lichte leuchten die Silbercyanidkrystalle auf und zeigen eine gerade Auslöschung. Es ist dies — nebst Krystallform und Lichtbeständigkeit — ein brauchbares Unterscheidungsmerkmal gegenüber den tesseralen, bei gekreuzten Nicols in allen Lagen dunkel bleibenden Krystallen von AgCl.

3. Bildung von Silbercyannitrat $AgCN.2AgNO_3$. Wird Silbercyanid in heißer, konzentrierter $AgNO_3$-Lösung oder in konzentrierter Salpetersäure gelöst, so gelingt, wie schon Wöhler (1824) und Bloxam[1] feststellten, beim Erkalten die Abscheidung von Silbercyannitrat $2AgNO_3.AgCN$. Dieses Doppelsalz[2] krystallisiert in langen, weißen, glänzenden Nadeln, die an der Luft sehr beständig sind, sich nicht schwärzen und sich ohne Zersetzung mit Alkohol waschen lassen; beim Eintragen in H_2O überziehen sie sich sofort mit AgCN, ohne sich völlig zu lösen.

Läßt man einen Reagenstropfen, in dem sich auf die beschriebene Weise Silbercyanidkrystalle gebildet haben, an der Luft eintrocknen, so bemerkt man nach einiger Zeit, wenn nur mehr geringe Flüssigkeitsmengen übrig sind, daß die Cyansilberkrystalle unter Einwirkung der so entstandenen konzentrierten Lösung von $AgNO_3$ oder, wenn alles Silber verbraucht, infolge der konzentrierten HNO_3 in schöne, stark lichtbrechende prismatische Krystalle umkrystallisieren, die nichts anderes darstellen als das vorerwähnte Silbercyannitrat $AgCN.2AgNO_3$. Bei Zusatz von Wasser erscheinen diese Krystalle augenblicklich wie angenagt, mit körniger Oberfläche, bleiben jedoch weiterhin unverändert (unter dem Schutz des gleich gebildeten AgCN). — Daß die Bildung mikrochemisch kleiner Mengen des Doppelsalzes bloß durch konzentrierte $AgNO_3$-Lösung, respektive konzentrierte HNO_3 oder beider zugleich auch ohne Erwärmung (wie bei der makrochemischen Darstellung) vor sich geht, erscheint nicht weiter verwunderlich.

Da sich, wie oben bereits angeführt, AgCN in konzentriertem wässerigen $AgNO_3$ einigermaßen löst, so kann die Konzentration des Reagens ($AgNO_3$) nicht ohne Einfluß auf die Empfindlichkeit der Reaktion und auf die erscheinende Krystallform von AgCN sein.

In der Tat ließ sich dies durch Versuche bestätigen. Während — bei gleichmäßig gebotener HCN-Menge — in sehr stark verdünnten (bis über 1%) $AgNO_3$-Lösungen Cyansilber als ein schönes Nadelgewirr ausfiel, entstanden in verdünntem (3 bis 5%-) Silbernitrat üppige Nadeln und Ranken von AgCN, bei ziemlich konzentrierten Silbernitratlösungen schließlich war das Erscheinen der Krystalle wesentlich verzögert, dafür traten aber wohl ausgebildete prismatische oder schachturmartige, stark lichtbrechende Einzelkrystalle auf, die schon in reinem Wasser und in verdünnter HNO_3 scheinbar braun und wie angenagt wurden, ohne ihre Gestalt zu ändern oder sich wahrhaft zu lösen — ohne Zweifel also bereits das früher beschriebene Silbercyannitrat waren (Fig. 1, *b*).

---

[1] Ch. L. Bloxam, l. c. (1883 und 1884).

[2] Vgl. Friedheim-Gmelin-Kraut, Handbuch der anorganischen Chemie, 7. Aufl., 1914, Bd. V, Abt. 2, p. 152.

In allen Fällen kann man demnach eine $1^0/_0$-Lösung von Silbernitrat als Reagens verwenden, wobei weder eine Verzögerung des Ausfallens von AgCN, noch die Bildung von $AgCN.2AgNO_3$ eintritt.

4. Eindeutigkeit der Reaktion. — Die Reaktion kann als vollständig eindeutig bezeichnet werden. Schon allein der Umstand, daß nur gasförmige Körper in Reaktion treten können, schließt die meisten anderen Substanzen aus. Ähnlich verhalten sich nur HCl-Dämpfe und Rhodanwasserstoff (Thiocyanwasserstoff), weshalb die Unterschiede zwischen AgCN gegenüber AgCl (Chlorsilber) und AgCNS (Rhodansilber) näher festgestellt werden sollen.

α) Silberchlorid AgCl. — Silberchlorid entsteht auch im hängenden Tropfen, selbst bei sehr langsamem Freiwerden und Abdunsten von HCl, jedoch niemals gut krystallisiert wie AgCN, sondern nur als amorpher Niederschlag, der erst durch Umkrystallisieren mit NH_3 in die bekannten tesseralen Krystalle übergeführt werden kann. Sie unterscheiden sich von den auf dieselbe Art erzielten AgCN-Krystallen: 1. durch ihre Gestalt [AgCl: Würfel, Oktaeder, kreuzförmige oder ordenssternartige Bildungen — AgCN: die beschriebenen Nadeln und Nadelaggregate, nach dem Umkrystallisieren mit NH_3 meist knollig-kugelige Bildungen oder Kleeblattformen (Fig. 1, *c*)]; 2. durch ihr Verhalten im Licht; die AgCl-Krystalle werden in kurzer Zeit blau, dann violett bis schwarz durch die zersetzende Wirkung des Tageslichtes, während die AgCN-Krystalle als praktisch lichtunempfindlich zu bezeichnen sind; 3. durch ihr Verhalten im polarisierten Licht; die tesseralen Chlorsilberkrystalle erscheinen in allen Lagen dunkel, die von Cyansilber leuchten bei gekreuzten Nicols stark auf, zeigen gerade Auslöschung und die sphäritischen Bildungen (Kugel- und Kleeblattformen) das »Brewster'sche« Kreuz; 4. durch die verschiedene Löslichkeit in konzentrierter HNO_3. Während AgCl und AgCN mit ihrer Löslichkeit in Ammoniak, Cyankalium und Natriumthiosulfat übereinstimmen, lassen sie sich durch konzentriertes HNO_3, besonders in der Wärme, gut unterscheiden. AgCl wird selbst durch rauchende Salpetersäure nicht angegriffen, AgCN löst sich unter Deckglas bereits beim vorsichtigen Erwärmen mit einer zirka $60^0/_0$-HNO_3 bis knapp an den Siedepunkt und fällt, bei nicht zu geringen Mengen, während des Erkaltens in zarten Nadeln und dichten Nadelbüscheln wieder aus. (Eine gute Kontrollreaktion dafür, ob wirklich Cyansilber vorliegt! Fig. 1, *d*).

O. Brunck[1] hat zuletzt diese Verhältnisse makrochemisch eingehend geprüft und fand, daß Silbercyanid in kalter, verdünnter HNO_3 auch in frisch gefälltem, fein verteiltem Zustand ganz unlöslich[2] ist, bei höherer Temperatur, namentlich in der Siedehitze und bei stärkeren Salpetersäurekonzentrationen findet eine umkehrbare Reaktion statt: $AgCN + HNO_3 \rightleftarrows AgNO_3 + HCN$, wobei HCN teilweise in der Flüssigkeit verbleibt und beim Erkalten Silber neuerdings feinflockig fällt.

---

[1] O. Brunck, Die Cyanverbindungen des Silbers und Kupfers in der Gewichtsanalyse. Ber. d. Deutsch. chem. Ges., 34. Jahrg., II. Bd., p. 1604—1609.

[2] Das Silbernitratreagens kann deshalb mit verdünnter HNO_3 angesäuert werden (bis zu einem Gehalt von $10^0/_0$ HNO_3), ohne daß Reaktionszeit und Krystall-

Auf Grund der angeführten Unterschiede ist eine Unsicherheit, ob $AgCl$ oder $AgCN$ im hängenden Tropfen vorliegt, wohl ausgeschlossen, ja man kann sogar Chlor und Blausäure in einem Silbernitrattropfen zugleich nebeneinander nachweisen, wie sich z. B. aus den später zu schildernden Versuchen mit Tabakrauch ergibt.

Daß selbst sehr stark verdünnte HCl bei genügender Reaktionsdauer durch diese Methode auf das Silbernitrat im hängenden Tropfen einwirkt, zeigt folgender Versuch:

In drei Glaskammern werden je 4 Tropfen einer 2 %-Oxalsäure gebracht; hierauf werden in die eine von ihnen 5 Tropfen 1·2 %-KCl-Lösung, in die andere 5 Tropfen einer 10 %-NaCl-Lösung, in die dritte Kochsalz in Form einiger Körnchen hinzugefügt und alle drei mit einem hängenden Silbernitrattropfen abgeschlossen. Nach 16 Stunden ist in allen drei hängenden Tropfen ein feinkörniger Niederschlag zu beobachten (und zwar in einer, der verwendeten Chlorkonzentration proportionalen Menge), der mit NH_3 vorsichtig umkrystallisiert, die typischen, am Licht sich bald schwärzenden Krystalle von $AgCl$ liefert. Von der in den angeführten Systemen (Alkalichlorid-Oxalsäure) teilweise entstehenden Salzsäure sind daher deutlich nachweisbare Mengen abgedunstet und vom Silbernitrat absorbiert worden.

Bei der Untersuchung von chloridhaltigen Proben auf HCN (respektive Cyanide) wird daher beim Ansäuern mit H_2SO_4 oder selbst mit einer schwachen organischen Säure stets — bei längerer Expositionsdauer — auch etwas HCl in Reaktion treten, vermag aber — nach der angeführten deutlichen Unterscheidbarkeit von $AgCl$ und $AgCN$ — die Eindeutigkeit der Reaktion keineswegs in Frage zu stellen.[1]

β) Silberrhodanid $AgSCN$. Nicht so leicht läßt sich Rhodansilber vom Cyansilber unterscheiden. Beim Abdunsten von Rhodanwasserstoff (Siedepunkt bei 85° C., also bedeutend höher als der von HCN) bildet sich $AgSCN$ an der Oberfläche des hängenden Tropfens in Form von Nadeln oder Körnchen, so daß die Krystallform und das optische Verhalten (leuchtet ebenfalls im polarisierten Lichte auf) keine klaren Unterschiede gegenüber $AgCN$

---

form nachteilig beeinflußt würden. Blausäure ließe sich daher eventuell mit Vorteil zum mikrochemischen Silbernachweis heranziehen. Wenn hierbei infolge der geringeren Molekülgröße von $AgCN$ die Empfindlichkeit der von Erich Bayer (Über eine neue Rubidium[Cäsium]-Silber-Goldverbindung und ihre Verwendung zum mikrochemischen Nachweis von Gold, Silber, Rubidium und Cäsium. Sitzber. d. Akad. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., Abt. II b, 1920, 129. Bd., p. 243) in jüngster Zeit vorgeschlagenen Reaktion auch nicht erreicht werden dürfte, so steht dem die Einfachheit des verwendeten Reagens (aufsteigende HCN-Dämpfe) für den praktischen Gebrauch gegenüber.

[1] Bei den pflanzlichen HCN-Verbindungen, die nur durch Fermentation bei neutraler Reaktion Blausäure abspalten, fällt dieser Umstand sogar völlig weg (vgl. p. 24).

bietet. In bezug auf ihre Lichtbeständigkeit halten die $AgSCN$-Krystalle etwa die Mitte zwischen $AgCl$ und $AgCN$.

Ein gutes Unterscheidungsmerkmal gegenüber $AgCN$ ist nur die Unlöslichkeit in konzentrierter (über 60 %) HNO_3, während $AgCN$, wie bereits erwähnt, durch 60 % HNO_3 in der Wärme leicht umkrystallisiert werden kann.

$AgSCN$ ist jedoch in einer konzentrierten $AgNO_3$-Lösung (1 Gewichtsteil H_2O — 2 Gewichtsteile $AgNO_3$) beim Erhitzen unter Deckglas beträchtlich löslich und beim Erkalten krystallisiert das Doppelsalz $2\,AgNO_3 . AgSCN$ (Silbernitrat-Silberrhodanid) in schönen, durchsichtig glänzenden Prismen, vier- oder sechseckigen Tafeln aus, die lichtbeständig sind und mit Alkohol (96 %) ohne Schaden gewaschen werden können. Setzt man dem Deckglasrand etwas Wasser zu, so werden die Krystalle sofort braun, erscheinen wie angenagt, doch das oberflächlich gebildete $AgSCN$ verhindert die weitere schnelle Zersetzung des Doppelsalzes, so daß die Krystalle auch im Überschuß von Wasser oder in verdünnter HNO_3 ungelöst bleiben.

Noch viel ratsamer ist es jedoch, die Gegenwart, respektive die Abwesenheit von Thiocyanwasserstoffsäure und der Rhodanide durch die bekannte[1] Reaktion mit bis zur Farblosigkeit verdünntem Eisenchlorid [Bildung des blutroten Eisenrhodanids $Fe(SCN)_3$] sicherzustellen. Es kann dies entweder durch direktes Zusetzen von stark verdünntem $FeCl_3$ zum angesäuerten Probetropfen geschehen oder falls dies aus irgendeinem Grunde untunlich, mit $FeCl_3$ im hängenden Tropfen, eventuell gleich am selben Objektträger, neben dem Tropfen des 1 %-Silbernitratreagens.

Bei letztgenannter Versuchsanstellung kann noch die Rhodanwasserstoffsäure, die beim Zusammenbringen von drei Tropfen einer 0·01 %-Rhodanammonlösung (1 : 10.000) mit einem Tropfen verdünnter HNO_3 oder H_2SO_4 entsteht und abdunstet, in Form einer deutlich gelbroten Färbung im hängenden $FeCl_3$-Tropfen nachgewiesen werden (Reaktionszeit höchstens 20 Minuten).

Auch Silberrhodanid ist demnach durch verschiedene Methoden von $AgCN$ gut und einfach zu unterscheiden.

γ) Entstehung eines Silbercarbonates. Bei der Anwendung der Reaktion auf die verschiedensten Objekte stieß ich in zwei Fällen — bei der Prüfung von frischem menschlichen Speichel (rein oder mit starkem Chloroformzusatz verwendet) und bei der Analyse von frisch zerriebenen Wasserasseln — auf die Bildung schöner gelblicher Krystalle, Drusen oder Sphärite im hängenden $AgNO_3$-Tropfen. Die Natur dieser Krystalle ließ sich in annähernder Weise leicht feststellen. Schon in ganz schwacher HNO_3 lösten sich die genannten Krystalle blitzschnell (Gegensatz zu $AgCN$, $AgCl$, $AgSCN$!), in 20 % Essigsäure und in konzentrierter HCl verschwanden sie sehr rasch unter Gasblasenentwicklung und es hinterblieben bei Anwendung von Essigsäure einige kleine gelbliche Körnchen (wohl beigemischtes Silberoxyd), bei Zusatz von konzentrierter HCl Pseudomorphosen von $AgCl$, wie sich durch Umkrystallisieren mit NH_3 ergab. Es ist demnach nicht zweifelhaft, daß es sich hierbei um ein Silbercarbonat handelt. Der menschliche Speichel enthält bekanntlich bedeutende Mengen von CO_2 (bis 67 Volumprozent der Gase), teils direkt auspumpbar, teils aus Bicarbonatbindung allmählich freiwerdend. Diese Kohlensäure wird vom hängenden Tropfen langsam absorbiert, ebenso wie die aus dem frisch angeriebenen, partiell weiteratmenden Wasserasselbrei. — Auch Wiener Leitungswasser, das mit durchgeblasener Atemluft (4 $^0/_0$ CO_2) gesättigt wurde, und mit Atemluft gefüllte Seifenblasen lieferten in der Glaskammer — wenn auch langsamer — im hängenden $AgNO_3$-Reagens Krystalle und Sphärite vom selben chemischen Verhalten. Eine Verwechslung dieses Silbercarbonates mit Silbercyanid erscheint wohl ausgeschlossen.

---

[1] Vgl. F. Emich, l. c., p. 146.

5. Empfindlichkeit der Reaktion. — Da Silbercyanid noch unlöslicher ist als $AgCl$, ist auch die Empfindlichkeit der Reaktion eine beträchtliche. Es läßt sich auf die angegebene Weise noch die Blausäure von einer Cyankaliumlösung **1:400.000** (= 0·00025 $^0/_0$) eindeutig aus $^1/_{16}$ cm^3 (1 Normaltropfen) nachweisen, was einer HCN-Verdünnung von **1 : 1,000.000** (= 0·0001 $^0/_0$) entspricht, das sind **0·06** γ (Mikrogramm) HCN in einem Normaltropfen gelöst.[1] Benützung eines kleinen, niedrigen Glasringes sowie rasches Hantieren beim Ansetzen der Reaktion, respektive beim Säurezusatz erhöhen die Empfindlichkeit der Reaktion, die mit jener der bekannten Chlorreaktion mit $AgNO_3$ zu vergleichen ist. Behrens[2] gibt für sie als Empfindlichkeitsgrenze 0·05 γ an.

Infolge dieser Empfindlichkeit ist bei der Durchführung der Reaktion noch auf einige Umstände zu achten.

Während der größte Teil der Proben in reiner Luft, in einem Raum ohne Gasleitung und Gashahn durchgeführt wurde, arbeitete ich gelegentlich neben einem Tag und Nacht geheizten Paraffinofen. Es zeigte sich hierbei, daß zur Kontrolle aufgestellte Leerproben (leere Glaskammer mit $AgNO_3$ im hängenden Tropfen) in Spuren positiv auf HCN reagierten. Wie die folgenden Versuche zeigen, muß die Luft durch etwas ausströmendes Leuchtgas verunreinigt gewesen sein (»Laboratoriumsluft«).

Das Rohleuchtgas enthalt bekanntlich Cyanwasserstoff und andere Cyanide in größerer Menge. Diese Stoffe werden beim Gasreinigungsprozeß großenteils zurückgehalten, nichtsdestoweniger enthält das Leuchtgas von Wien derzeit noch beträchtliche Mengen von Blausäure, wie aus folgenden Versuchen hervorgeht.[3]

1. Läßt man Leuchtgas gegen einen Tropfen des Silbernitratreagens ausströmen, so ist dieser nahezu im Augenblick von einer Kruste von Silbercyanidkrystallen (Nadeln) überdeckt. — Schöne Krystalle sind erst in einiger Entfernung von der Gasquelle (d. i. bei geringerer Konzentration) erzielbar.

2. In einen $1^1/_2$ *l*-Kolben wird durch 3 Sekunden Leuchtgas mit einem Schlauch eingeleitet. Nach $^1/_2$ Stunde offenen Stehens dieses Kolbens ist mit dem

---

[1] Nach G. Anderson, [Prüfung der wichtigsten Methoden zum qualitativen Nachweis der Blausäure, Ztschr. f. analyt. Chem., 55. Bd. (1916), p. 459—468], ist die makrochemische Empfindlichkeitsgrenze bei einer Konzentration von 0·0001 $^0/_0$ KCN erreicht (nur als Opaleszenz in 12 *cm* hoher Schicht gegen schwarzes Glanzpapier erkennbar) — ist demnach nur $2^1/_2$mal größer als die Mikroreaktion in der geschilderten Anordnung. Auch die Nachprüfung von J. M. Kalthoff (Über den Nachweis und die Bestimmung kleiner Mengen Cyanwasserstoff, Ztschr. f. analyt. Chem., 57. Bd., 1918, p. 1—15) ergab eine praktische Empfindlichkeit von 0·00025 $^0/_0$ KCN im Liter, stimmt also mit den von mir gefundenen Mikroempfindlichkeitsgrenzen gut überein.

[2] H. Behrens-Kley, l. c., p. 172.

[3] Nach der Analyse des städtischen Gaswerkes Wien enthält 1 m^3 Reingas 16—20 *mg* HCN.

Geruchssinn kein Leuchtgas mehr in ihm festzustellen. Trotzdem tritt, wenn man den Hals des Kolbens mit einer Glasplatte abschließt, die 1 % Silbernitrat im hängenden Tropfen trägt, in diesem im Verlauf von zirka 10 Minuten deutliche HCN-Reaktion ein.

Außer durch Leuchtgas ist die Luft jedoch auch häufig durch Tabakrauch verunreinigt und kann somit das Reaktionsergebnis auch dadurch beeinflußt werden. Schon seit langem ist das Vorhandensein von Blausäure im Tabakrauche behauptet worden und durch die Arbeiten von Toth[1] sowie von Lehmann und Gundermann[2] wurden die quantitativen Verhältnisse übereinstimmend sichergestellt, wenn auch die Frage noch offen blieb, ob im Tabakrauch primär Dicyan $(CN)_2$ enthalten sei (Toth) oder ob gleich Cyanwasserstoff entsteht (Lehmann).

Durch folgende Versuche läßt sich der Blausäuregehalt des Tabakrauches mikrochemisch leicht nachweisen:

1. Da nach den Feststellungen von Lehmann[2] in der Mundhöhle des Rauchers etwa die Hälfte der Cyanverbindungen zurückgehalten werden, wurde zuerst der Reagenstropfen (1 % $AgNO_3$ neutral oder mit HNO_3 schwach angesäuert) zwischen Zigarette und Raucher eingeschaltet.

Eine etwas größere Glaskammer (20 *mm* Durchmesser, 14 *mm* Höhe) mit einem für den $AgNO_3$-Tropfen bestimmten heraushebbaren Glasplättchen am Boden derselben wird mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstöpsel gut verschlossen. Durch die eine Bohrung wird ein Glasröhrchen derart eingesetzt, daß an das freie Ende mit einem Kautschukschlauch die Zigarette angesetzt werden kann, während das andere Ende in der Glaskammer knapp oberhalb des Reagenstropfens am Boden mündet; in die andere Bohrung wird ein nur wenig in die Glaskammer hineinreichendes Glasröhrchen eingefügt, an dessen rechtwinkelig abgeknicktem Ende der Raucher zu saugen hat. Das Röhrchen zwischen Zigarette und Kammer wird mit Baumwolle leicht angefüllt, so daß sich die zahlreichen Teerprodukte des Rauches daran niederschlagen, ohne daß der Zug darunter leidet.

Wird eine halbe oder auch nur eine Viertelzigarette an dem Tropfen in der Glaskammer vorbeigeraucht, so ist derselbe von einer dicken, braunglänzenden Kruste überzogen, die als solche nicht günstig zur weiteren Untersuchung ist. (Doch manchmal sind unter ihr bereits charakteristische Nadeln von AgCN zu finden.) Wird diese aber mit 50 % HNO_3 unter Deckglas bis zum sachten Sieden erwärmt, so geht alles bis auf die gebildeten AgCl-Krystalle (nur ein kleiner Bruchteil; Lehmann fand makrochemisch auf ähnliche Weise 5 bis 20 % Chlorsilber neben Cyansilber!) in Lösung und beim Erkalten des Präparates fällt reichlich Cyansilber in den beschriebenen Einzelkrystallen, Nadeln und

---

[1] Julius Toth, Über die im Tabakrauch enthaltenen Cyanverbindungen. Chem. Ztg., 34. Bd. (1910), p. 298—299 und p. 1357. — Über die Cyanverbindungen des Tabakrauches. Chem. Ztg., 35. Bd. (1911), p. 1262.

[2] K. B. Lehmann und K. Gundermann, Neue Untersuchungen über die Bedeutung der Blausäure für die Giftigkeit des Tabakrauches. Archiv f. Hygiene, 76. Bd. (1912), p. 38—115.

Nadelbüscheln aus (vgl. Fig. 1, *d*). Hiermit sind Cyanverbindungen und HCl im Tabakrauch zugleich nachweisbar. Rhodanide konnten beim Vorbeirauchen von einer ganzen Zigarette an einem angesäuerten $FeCl_3$-Tropfen nicht nachgewiesen werden, was mit Lehmann's auf anderem Wege gewonnenen Ergebnissen übereinstimmt.

2. Die geschilderte Methode ist für die Empfindlichkeit des verwendeten Blausäurereagens eigentlich noch zu roh; es fallen ganz bedeutende Mengen von AgCN aus. — Bläst man in einen $^1/_4$ *l*-Erlmeyerkolben einen schwachen Zug Zigarettenrauch, verstopft die Mitte des Halses mit einem lockeren Wattebäuschchen (zur Abhaltung der Teerprodukte) und bedeckt die Öffnung des Gefäßes mit einem Objektträger, der 1 % neutrales oder schwach angesäuertes $AgNO_3$ im hängenden Tropfen trägt, so entsteht alsbald (5 Minuten) eine schwache Kruste, die sich, wie bei Versuch 1, durch Umkrystallisieren mit heißer 50 %-HNO_3 in AgCN und AgCl scheiden läßt. Auch mit NH_3 kann die Kruste in Krystallform übergeführt werden. Ein zweites und drittes Sublimat von einem solchen Erlmeyerkolben enthält ebenfalls noch nachweisbare AgCN-Mengen, da HCN erst langsam emporsteigt.

3. In einem großen Zimmer ($5 \times 6 \times 4^1/_2$ *m*) werden drei Zigaretten hintereinander normal geraucht. Von vier am Tisch in der Mitte des Zimmers exponierten Reagenstropfen, über Wasser derart hängend, daß seitlich die Rauchluft ungehindert hereindiffundieren kann, reagierten drei überhaupt nicht auf HCN, auch nicht nach 3 Stunden: nur der vierte hängende Tropfen, der knapp neben der beim Rauchen benützten Aschentasse aufgestellt war, lieferte deutliche AgCN-Krystalle.

Blausäure (respektive Dicyan) ist demnach noch in einem ausgeblasenen Zuge von Tabakrauch leicht direkt mikrochemisch nachweisbar, gegen eine mäßige Tabakrauchatmosphäre ist das Reagens jedoch normalerweise nicht mehr empfindlich.

Immerhin zeigen die angeführten Versuche, daß man sich bei mikrochemischer Untersuchung auf Blausäure nach der beschriebenen Methode vor Verunreinigung der Luft mit Tabakrauch und besonders mit Leuchtgas zu hüten hat. Kontrolleerversuche können vor Fehlschlüssen bewahren.

b) Färbbarkeit der Silbercyanidkrystalle.

In jüngster Zeit wurde vom Verfasser[1] gezeigt, daß Silberchloridkrystalle beim Umkrystallisieren mit Ammoniak durch Zusatz geeigneter organischer Farbstoffe (Methylenblau, Eosin, Bismarckbraun) während ihres Entstehens echt zu färben sind. — In ähnlicher Weise gelingt dies auch mit den Cyansilberkrystallen. Naturgemäß konnten auch hier nur ammoniakbeständige Farbstoffe verwendet werden. Die beim Umkrystallisieren von Ag CN mit NH_3 erzielten Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt; der erhaltene Farbton, da nicht immer identisch mit dem des Farbstoffes, sowie die Beeinflussung des Krystallhabitus,[1] unter sonst gleichen Bedingungen, wurden jeder Rubrik beigefügt, ebenso — vergleichsweise — die nach derselben Methode erzielten Färbungsergebnisse bei Ag Cl (Silberchlorid) und Ag SCN (Silberrhodanid).

---

[1] H. Brunswik, Über die Färbbarkeit der Silberchloridkrystalle mit organischen Farbstoffen. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie etc., 38. Bd. (1921), p. 150—152.

Das Umkrystallisieren läßt sich bei Ag CN nur im unbedeckten Tropfen durchführen, da das zuerst entstehende Silberammoniumcyanid nur bei Luftzutritt das NH_3 wieder abgibt und so Silbercyanid zum Ausfallen gelangen kann.

Sämtliche als positiv angegebenen Krystallfärbungen sind homogen und als »echt« zu betrachten; sie sind völlig beständig gegen Waschen mit Wasser, Alkohol, 20 % Essigsäure, 20 bis 40 % kalter Salpetersäure etc.

Doch nicht nur beim Umkrystallisieren mit NH_3, sondern auch bei dem eben geschilderten Blausäurenachweis mit $AgNO_3$ kann man gefärbtes Silbercyanid sofort im hängenden Tropfen erzielen, indem man dem Silbernitratreagens ein wenig Methylenblau zusetzt. Bei genügend schwacher Farbkonzentration (der hängende Tropfen soll wasserblau sein) sind die entstehenden Körnchen, Nadeln, Ranken, Drusen oder Sphärite von Ag CN zart, aber deutlich blaugrün gefärbt.

Eosin, Bismarckbraun, Patentblau und Nigrosin flocken mit dem Elektrolyten $AgNO_3$ aus und können daher für diesen Zweck nicht verwendet werden. Orange G. kann zwar dem Silbernitrat ohne Schaden zugesetzt werden, beeinflußt aber die Krystallform von Ag CN nicht günstig und die erzielte Färbung (orange-rötlichbraun) besitzt im Gegensatz zu der mit Methylenblau für die mikroskopische Beobachtung zu wenig Tinktionskraft.

Die Beigabe von Methylenblau zu dem 1 %-Silbernitratreagens wurde von mir fast stets durchgeführt, da sie sich als sehr vorteilhaft erwies. Besonders bei Anwendung der Reaktion auf pflanzliche und tierische Objekte (HCN- und Emulsinnachweis) können die manchmal auftretenden Körnchen, Decken oder Krusten von reduziertem Silber (Silberspiegel) sowie die mit Chloroform übergehenden Verunreinigungen auf den ersten Blick von den stets schön blaugrün gefärbten Silbercyanidkrystallen unterschieden werden.

Im Jahre 1894 sagte O. Lehmann[2] in der Schlußbemerkung zu seiner Arbeit über künstliche Färbung von Krystallen: »Die Möglichkeit, Krystalle zu färben und die auftretenden Unterschiede

---

[1] Eine derartige, durch Farbstoffe als Lösungsgenossen bewirkte Strukturstörung der Krystalle, die bis zur völligen Auffaserung führen kann, beobachtete schon O. Lehmann (Wied. Ann. d. Physik u. Chemie, Neue Folge, Bd. 51 (1894), p. 68—70).

[2] O. Lehmann, l. c., p. 76.

Übersicht über die Färbbarkeit der Krystalle von Ag CN, Ag Cl und Ag SCN.

Farbstoff	Färbt Ag CN	Bewirkt als Krystallform	Färbt Ag Cl	Färbt AgSCN
Bismarckbraun	† (dunkelgelb)	Knollen	†	†
Boraxkarmin	† (rosaviolett)	Knollen	0	0
Brasilin	0	—	0	—
Eosin wässerig	† (leuchtend rot)	Strahlensterne — Knollen	† (!)	†
Fluoreszin	† (gelbrot)	Strahlensterne — Knollen	†	0
Indigokarmin	0	—	0	—
Kongorot	0	—	† (!) *	0
Methylenblau	† (blaugrün)	Kleeblattformen, Knollen	† (!)	†
Naphtholschwarz	0	—	0	—
Nigrosin	† (violett)	zerfasert, feinste, zart lila gefarbte Krystalltrichite	† (zerfasert jedoch leicht)	0
Orange G.	† (rotorange)	Kleeblattformen, Knollen	0 (sehr lichtempfindliche farblose Einzelkrystalle	0
Patentblau	† (grünlich)	strahlige Sphärite, Doppelpinsel, Knollen	† (!)	0 (?)

Zeichenerklärung: † färbt echt und dilut, 0 färbt nicht, — nicht untersucht.

* Die Färbbarkeit von Ag Cl mit Kongorot ist dadurch von Bedeutung, daß sie selbst nach dem Kochen mit konzentrierter HNO_3 völlig unverändert bleibt, während der Farbstoff selbst schon bei einer Spur freier Säure in Blau umschlägt und ausflockt. Eine bloße Adsorption und Speicherung des Kongorot an die gut ausgebildeten Einzelkrystalle ist demnach ausgeschlossen, wie sie z. B. der Verfasser an den Chitosansalzsphäriten (Über die Mikrochemie der Chitosanverbindungen, Biochem. Ztsch., 113. Bd., 1921, p. 117) nachweisen konnte, wo das Kongorot in den Sphäriten bei Säurezusatz in Blau umschlägt.

Die Färbung mit Kongorot (und Nigrosin) gelingt nur bei sehr geringem Farbzusatz und langsamem Abdunsten des NH_3 (unter einer Uhrschale z. B.), sonst tritt eine völlige Ausfaserung des Krystallhabitus ohne Farbstoffaufnahme ein, wie es in meiner diesbezüglichen Mitteilung (l. c., p. 151) angegeben wurde.

bei veränderter Wahl von Farbstoff und Krystall dürften für analytische Zwecke, insbesondere für die Krystallanalyse, in manchen Fällen großen Nutzen gewähren. Man wird auch vielleicht imstande sein, aus einem Gemisch von Farbstoffen, einen durch eine krystallisierte Substanz zu isolieren....« Diese Hoffnungen haben sich bisher nicht verwirklicht, der Ausbau der Krystallfärbungsfrage geriet seit 1900 — trotz des Aufschwunges von theoretischer und angewandter Mikrochemie — ins Stocken und ihre Ergebnisse waren, wie die gelegentlichen Hinweise von Emich,[1] Molisch[2] und Tunmann[3] dartun, für die Mikrochemie bisher von keiner praktischen Bedeutung. — Wenn auch im vorliegenden Falle die Färbung des Silbercyanids im hängenden Tropfen nichts für die Reaktion wesentliches bedeutet, so bietet deren Durchführung doch gewisse Vorteile für die praktische Handhabung und darum möge sie, im Sinne Lehmann's, empfohlen sein.

2. Nachweis der Blausäure mittels Mercuronitrat.

Blausäure und lösliche Cyanide reagieren mit Mercuronitrat nach folgender Gleichung:

$$2\,KCN + Hg_2(NO_3)_2 = 2\,KNO_3 + Hg(CN)_2 + Hg;$$

es entsteht demnach das in Lösung verbleibende Mercuricyanid und metallisches Quecksilber.

Peche[4] hat diese Reaktion in die Mikrochemie eingeführt und zum lokalisierten Nachweis der »locker gebundenen« Blausäure im Gewebe von *Prunus Laurocerasus* L. benützt.

Doch läßt sich Mercuronitrat (1 bis 3%) auch mit Vorteil zum rein qualitativen Nachweis von Cyanwasserstoff in ganz analoger Weise wie Silbernitrat (vgl. p. 8) bei Benützung einer Glaskammer im hängenden Tropfen verwenden. Die Bildung der kleinen Quecksilberkügelchen, ihre Ansammlung und teilweise Vereinigung an der tiefsten Stelle des Tropfens sowie das teilweise Sublimieren des Hg in die Umgebung des Reagens läßt sich mit dem Mikroskop schrittweise verfolgen. Auch hier gelingt die Reaktion besser bei schwächeren HCN-Konzentrationen, indem sich größere Quecksilbertropfen bilden.

Unter den geschilderten Versuchsbedingungen (selbsttätiges Überdestillieren der HCN bei Zimmertemperatur), demnach bei Vermeidung des direkten Zusetzens von $Hg_2(NO_3)_2$ zum Untersuchungstropfen, der ja auch andere reduzierende Substanzen enthalten könnte, ist die Reaktion wohl vollkommen eindeutig. Ihre

---

[1] F. Emich, l. c., p. 123—124; p. 143, 148, 174.

[2] H. Molisch, l. c., p. 55 u. 61.

[3] O. Tunmann, Pflanzenmikrochemie, 1913, p. 74, p. 109 und p. 114.

[4] K. Peche, l. c., p. 4—6.

Empfindlichkeit steht jedoch der mit Silbernitrat bedeutend nach; es konnte HCN noch aus einer Cyankaliumlösung 1 : 5,000 (0·02 $^0/_0$) nachgewiesen werden, was einer Blausäureverdünnung von 1 : 12.000 (0·0083 $^0/_0$) entspricht. Der Grund hiefür dürfte in der teilweisen Flüchtigkeit des sich an der Grenzfläche von Tropfen und Atmosphäre bildenden Hg zu suchen sein. Wenn also der Nachweis von HCN als Silbercyanid auch 80mal empfindlicher ist als der mit Mercuronitrat, so wird letzterer trotzdem, falls es sich nicht um Spuren von Blausäure handelt, herangezogen werden können.

3. Nachweis der Blausäure mittels Benzidin-Kupferacetat.

Abgesehen von den spezifischen Blausäureproben (Berlinerblaureaktion, Rhodanreaktion, in gewissem Sinne auch die Proben mit Silbernitrat, Mercuronitrat, Pikrinsäure-Soda etc.) ist noch eine Reihe von Farbenreaktionen bekannt, welche infolge ihrer großen Empfindlichkeit, trotzdem sie nicht völlig eindeutig sind, als Vorproben in der makrochemischen Analyse verwendet werden.[1]

Sie beruhen alle darauf, daß Blausäure in Gegenwart von Cuprisalzen oxydierend wirkt und dadurch verschiedene farblose Substanzen in ihre gefärbten Oxydationsprodukte umgewandelt werden. In dieser Weise werden Guajakharz-$CuSO_4$, Aloin-$CuSO_4$, alkalische Phenolphtalinlösung verwendet und in neuerer Zeit hat Moir[2] Hydrocoerulignon-Kupferacetat, respektive Benzidin-Kupferacetat empfohlen.

Da die beiden letztgenannten Reagentien sich durch ihre Haltbarkeit und große Empfindlichkeit auszeichnen und dem Behrens'schen Prinzip der »Krystallfällung« entsprechen, so erschienen sie für mikrochemische Untersuchungen sehr geeignet. Leider war ich nicht in der Lage, mir Hydrocoerulignon ($C_{10}H_{18}O_6$ — ein Diphenylderivat; Empfindlichkeit 1 : 5,000.000!) zu verschaffen; die Anwendung von Benzidinacetat-Kupriacetat ergab jedoch sehr günstige Resultate.

a) Reagens. Als Reagens wurde in Anlehnung an die Angaben von Pertusi und Gastaldi[3] ein Gemisch von folgenden Substanzen verwendet: 1 *cm*³ 3 $^0/_0$-Kupriacetatlösung, 10 *cm*³ gesättigte Benzidinacetatlösung und 16 *cm*³ reines Wasser. Das Reagens hat — in dickerer Schicht — eine schwachgelbgrüne Färbung und ist einige Zeit haltbar.

b) Reaktionsverlauf und Beschaffenheit des Reaktionsproduktes. Um die Eindeutigkeit der Reaktion einigermaßen zu erhöhen (vgl. Punkt *c*) wurde auch in diesem Falle die Probe in der Glaskammer mit dem Reagens im hängenden Tropfen durchgeführt, die leichte Verdampfung freier, respektive freigemachter Blausäure schon bei Zimmertemperatur wie in den beiden vorher beschriebenen Reaktionen benützend.

---

[1] Vgl. auch L. Rosenthaler, Der Nachweis organischer Verbindungen. Stuttgart 1914, p. 492—495.

[2] J. Moir, New sensitive test for hydrocyanic acid. Proc. Chem. Soc. May 1910, 14. Bd., p. 115. Ref. Pharmaceutical Journal, Bd. 84 (1910), p. 759.

[3] C. Pertusi und E. Gastaldi, Neue allgemeine Methode zum Nachweis der Blausäure. Chem. Ztg., Jahrg. 37 (1913), p. 609—610.

Infolge der durch das Kuprisalz vermittelten Oxydationswirkung der absorbierten Blausäure entstehen im hängenden Tropfen bei geringer HCN-Konzentration schöne blaue, nadelförmige Krystalle, während bei größeren HCN-Mengen eine mehr einheitliche Decke ultramarinblauer Körnchen und Nädelchen entsteht. Die chemische Natur dieses krystallisierten, wasserunlöslichen Oxydationsproduktes des Benzidins ist noch nicht völlig aufgeklärt: es ist jedenfalls völlig analog dem sogenannten »Benzidinchromat«, das bei Einwirkung von Chromaten und Bichromaten auf Benzidin allein entsteht (vgl. die diesbezügliche Untersuchung von Wilstätter und Piccard[1]) und das auch unter diesem Namen zum mikrochemischen Nachweis von Chromsäure mit Vorteil herangezogen wurde,[2] analog auch dem »Benzidinferricyanid« (Moir-Barzilowsky), das aus Benzidin und Ferricyaniden direkt entsteht und das von Behrens[3] zum mikrochemischen Nachweis der Ferri- und Ferrocyanwasserstoffsäure (Trennung durch Chinolin) verwendet wurde. Nach den Untersuchungen von Schlenk und Knorr[4] handelt es sich in allen diesen Fällen um die entsprechenden meri-Diphenochinondiimoniumsalze (auf 1 Mol. Imin 1 Mol. Amin und 2 Äquivalente Säure enthaltend), die ihre lebhafte Färbung der chinoiden Bindung verdanken.

In auch nur schwachen Säuren oder Alkalien werden diese krystallisierten blauen Verbindungen zerstört, wie schon Madelung[5] festgestellt hat.

Im polarisierten Lichte leuchten die größeren Krystallnadeln auf, zeigen eine gerade Auslöschung und Pleochroismus.

c) Eindeutigkeit der Reaktion. — Benzidin allein liefert entsprechende blaue Oxydationsprodukte mit Ferricyaniden, Chromaten, Bichromaten, Permanganaten, Perjodaten, Persulfaten, Platinchlorid, Goldchlorid, Eisenchlorid; Wasserstoffsuperoxyd-Peroxydasen, Ozon, Oxyhämoglobin. — Nur bei Gegenwart von Cupriacetat geben nach Pertusi's[6] Untersuchungen Bromide (sehr langsam), Jodide, Cyanide, Ferrocyanide und Rhodanide die betreffenden blauen Oxydationsverbindungen des Benzidins.

---

[1] R. Willstätter und Jean Piccard, Über meri-Chinon-imine II. Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. (Berlin), 1908, 41./2 Bd., p. 3245 - 3252.

[2] Vgl. hierzu H. Behrens, Anleitung z. mikrochem. Analyse, 2. Aufl., 1899, p. 102. — H. Behrens-Kley, l. c., p. 89. — F. Emich, l. c., p. 100.

[3] H. Behrens-Kley, l. c., p. 180—181.

[4] W. Schlenk und Aug. Knorr, Über chinoide Biphenylderivate. Lieb. Annalen d. Chemie, 1908, Bd. 363, p. 313- 339.

[5] W. Madelung, Über stark gefärbte holo- und meri-chinoide Imoniumsalze des Benzidins etc. Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. (Berlin), 1911, 44./1 Bd., p. 626—631.

[6] C. Pertusi und E. Gastaldi, l. c., p. 609.

Durch die angegebene Versuchsanstellung werden freilich die meisten dieser Substanzen, da sie nicht gasförmig oder flüchtig sind, ausgeschaltet. Nur Ozon, Jod (Brom) und Rhodanwasserstoffsäure verhalten sich identisch wie Cyanwasserstoff. HSCN kann, ebenso wie bei der Reaktion mit $AgNO_3$ (vgl. p. 13) durch einen beigegebenen zweiten hängenden Tropfen von verdünnter $FeCl_3$ sichergestellt werden, Jod und eventuell Brom durch einen ebensolchen von Stärkekleister, so daß die Reaktion mit Benzidin-Kupferacetat in der dargestellten mikrochemischen Anordnung doch als hinreichend eindeutig gegenüber Blausäure bezeichnet werden kann, um brauchbare Resultate zu liefern. In der Praxis wird man trotzdem diese Reaktion wohl nie allein, sondern in Verbindung mit dem Silbercyanidnachweis (zwei hängende Tropfen nebeneinander in einer Glaskammer) anwenden, wobei sich die Eindeutigkeit der Probe mit $AgNO_3$ und die noch größere Empfindlichkeit (vgl. Punkt *d*) des Benzidinreagens in bester Weise ergänzen.

Für die in ihrem Wesen sehr verwandte HCN-Reaktion Schönbein's mit Guajaktinktur-$CuSO_4$ wird von Anderson[1] und Kolthoff[2] - anscheinend nicht unabhängig voneinander - angegeben, daß sie in ihrem Werte dadurch geschmälert sei, daß »auch indifferente Stoffe, wie Ammoniak und Zigarrenrauch« den positiven Ausfall der Reaktion bewirkten. Für das Benzidin-Kupferacetatreagens gilt dies von NH_3, wie ich mich überzeugte, jedoch keineswegs. Zigarrenrauch kann aber — wie bereits früher eingehend dargestellt wurde — gegenüber einem Blausäurereagens nicht als »indifferenter Stoff« bezeichnet werden. Der Umstand, daß Zigarrenrauch regelmäßig HCN oder Cyanide in nachweisbaren Mengen enthält, scheint den beiden genannten Autoren entgangen zu sein.

Die von mir zum Nachweis von HCN im Leuchtgas und Zigarettenrauch angestellten Versuche (vgl. p. 14 und p. 15) gelingen bei Verwendung des Benzidinreagens an Stelle des 1%-Silbernitrates, der gesteigerten Empfindlichkeit entsprechend, noch wesentlich besser, so daß auch hierbei stets beide Proben gleichzeitig ausgeführt wurden.

d) Empfindlichkeit der Reaktion. — Wie bereits erwähnt, ist die Empfindlichkeit des Benzidin-Kupferacetatreagens eine bedeutende; aus einem Normaltropfen einer 0·00008%-KCN-Lösung (1 : 1,250.000) erfolgt nach dem Ansäuern noch deutlich positive Reaktion im hängenden Tropfen (blaue Einzelnadeln, besonders am Tropfenrand). Dies entspricht einer HCN-Konzentration von 1 : 3,000.000, respektive 0·02 γ HCN im Normaltropfen. Die Reaktion ist daher noch dreimal empfindlicher als diejenige mit Silbernitrat im hängenden Tropfen, für eine biologische Anwendung, wo es sich meist um sehr geringe HCN-Mengen handelt, deshalb besonders geeignet.

---

[1] G. Anderson, l. c. (1916), p. 467.

[2] J. M. Kolthoff, l. c. (1918), p. 15.

4. Übersicht über die mikrochemischen HCN-Reaktionen.

Auch die übrigen gebräuchlichen Blausäureproben wurden auf ihre mikrochemische Verwertbarkeit geprüft. Doch weder die sonst so empfindliche Rhodanreaktion (Liebig), noch die von allen Autoren übereinstimmend als recht unempfindlich und wenig brauchbar bezeichnete Probe mit Pikrinsäure-Soda, noch andere erwiesen sich als mikrochemisch mit einigem Vorteil anwendbar, so daß auf die diesbezüglichen Untersuchungen nicht näher eingegangen werden soll.

Zu der in der Mikrochemie bereits lange geübten Blausäurereaktion durch Bildung von Berlinerblau direkt im Lösungstropfen können demnach zwei Reaktionen in der Glaskammer mit Silbernitrat, respektive Benzidin-Kupferacetat im hängenden Tropfen gestellt werden, die an Einfachheit der Handhabung und Empfindlichkeit[1] erstgenannte noch übertreffen und zur Anwendung auf biologische Objekte durch die Möglichkeit, Spuren erst langsam entstehender HCN zu summieren, besonders geeignet erscheinen.

II. Mikrochemischer HCN-Nachweis in Anwendung auf pflanzliche Objekte.

1. Rein qualitativer Nachweis.

Man kann wohl sagen, sämtliche Befunde über ein neues Vorkommen von HCN in der Pflanze, sei es als Glukosid, sei es in locker gebundener, noch nicht näher bekannter Form, wurden bisher auf Grund makrochemischer Analyse gewonnen. Guignard[2] z. B., der eine große Zahl blausäureführender Pflanzen entdeckte, verwendete bei seinen Untersuchungen gewöhnlich 100 *g* des betreffenden frischen Gewächses, nur in seltenen Fällen bloß 10 *g*.

Die Vorteile, welche eine mikrochemische qualitative Untersuchung von pflanzlichen Objekten auf Blausäure bietet, liegen auf der Hand; nebst Material- und Zeitersparnis ist es der Umstand, daß die oft erheblichen Individual- und Altersschwankungen im HCN-Gehalte einer bestimmten Art bei Untersuchung eines Blattfragmentes, eines kleinen Rinden- oder Stengelstückchens oder einiger Samenquerschnitte, also gerade erst durch die mikrochemische Methode aufgedeckt werden (vgl. Beispiel I bis III im folgenden).

In der Tat eignen sich einige der im vorhergehenden beschriebenen Reaktionen zum Nachweis von HCN in geringen Mengen pflanzlicher Objekte, und zwar sowohl der glukosidisch wie der »locker« gebundenen. Da sämtliche dieser Mikro-Blausäurereaktionen in der Glaskammer mit dem Reagens als hängender Tropfen ausgeführt werden müssen, können sie nur zum qualitativen Nachweise benützt werden, sind also in ihrer Bewertung der Mikrosublimation gleichzustellen, die in letzter Zeit in der Pflanzenmikrochemie und bei der Beurteilung von Drogen etc. immer häufiger angewendet wird.

---

[1] Empfindlichkeit der Berlinerblauprobe nach Behrens-Kley (l. c., p. 180): 0·07 γ CN, Empfindlichkeit des Nachweises mit Silbernitrat: 0·06 γ HCN, desjenigen mit Benzidin-Kupferacetat: 0·02 γ HCN. — Eine »Geruchsdiagnose« ist bei solchen Größenordnungen völlig unmöglich!

[2] L. Guignard, Sur l'éxistence, dans certains grosseilliers, d'un composé fournissant de l'acide cyanhydrique. Compt. rend., 141. Bd. (1905/2), p. 448—452; Nouveaux exemples de Rosacées à acide cyanhydrique. Compt. rend., 143. Bd. (1906/2), p. 451.

Am geeignetsten für Pflanzenmaterial sind die beiden empfindlichsten Proben, nämlich die mit $AgNO_3$-Methylenblau im hängenden Tropfen (p. 8) und die mit Benzidin-Kupferacetat (p. 20). Da letztgenanntes Reagens zwar noch empfindlicher ist als $AgNO_3$, aber nicht als völlig eindeutig erscheint, benütze ich entweder nur Silbernitrat-Methylenblau oder beide Reagentien zugleich, tropfenweise nebeneinander hängend. — In die Glaskammer mit fixem Boden (14 *mm* Durchmesser, 6 *mm* Höhe) gelangt etwas von dem Pflanzenmaterial. Glukosidisch gebundene HCN wird beim Befeuchten der fein zerschnittenen Objekte durch die stets gleichzeitig vorhandenen Fermente (Emulsin, Phaseolunatase, Linase etc.) in meist kurzer Zeit in Freiheit gesetzt, während bei der »lockeren« HCN-Bindung (z. B. bei *Prunus laurocerasus*) ein möglichst rasches Einbringen der frischen, unbefeuchteten Schnitte genügt.

Die Zeit der fermentativen Mazeration, die bis zum Freiwerden der Blausäure aus den betreffenden Glukosiden verstreicht, ist bei den einzelnen Pflanzen eine wesentlich verschiedene; sie ist jedenfalls abhängig von der relativen Konzentration der Glukoside, sowie von der Wasserlöslichkeit, Diffusionsfähigkeit und Wirksamkeit der entsprechenden Enzyme. Während z. B. bei Rosaceensamen, *Arum maculatum, Isopyrum thalictroides, Thalictrum aquilegifolium, Vicia sativa* die enzymatische Spaltung in kurzer Zeit (bis $^1/_2$ Stunde) erfolgt, benötigt sie bei *Phaseolus lunatus* bereits mehrere, bei *Sambucus nigra* 4 bis 6 Stunden,[1] so daß man die beschickten Glaskammern sicherheitshalber zirka 10 Stunden sich selbst überläßt, bevor ein endgültiger Schluß über den Ausfall der Reaktionen gezogen werden kann. Positive Resultate jedoch lassen sich natürlich schon viel früher gewinnen.

In allen Fällen kann man aber das Freiwerden der Blausäure, insbesondere wenn es sich um Blatt- oder Stengelfragmente handelt, durch Beigabe von Anästhetika (Chloroform, Äther) beschleunigen.

---

[1] *Sambucus nigra* enthält ein besonders träges Emulsin, was Bourquelot und Danjou (Compt. rend., 141. Bd.. 1905/2, p. 59 und 598—600) zuerst veranlaßte, den Blättern von *Sambucus* Emulsin überhaupt abzusprechen, während Ravenna von einem wasserunlöslichen Emulsin sprach — Behauptungen, die schon von Guignard (Nouvelles observations etc. Compt. rend., 141. Bd., 1905/2, p. 1193 bis 1201) widerlegt wurden.

M. Mirande[1] hat als erster 1909 diese Methode angewendet, indem er Teile von HCN-führenden Pflanzen (Sprosse, Äste oder das ganze Kraut) in eine geschlossene Röhre brachte, die mit Dämpfen von Hg, CS_2, Chloroform, Äther u. a. erfüllt war. Durch die rasche Tötung des Gewebes gelangten die getrennt gelagerten Komponenten, Blausäureglukosid und Ferment, alsbald in Kontakt und es wurde HCN-frei, die mittels eines aufgehängten Pikrinsäuresodapapiers nachgewiesen wurde oder sich durch den bloßen Geruch bemerkbar machte. — Auf diese Weise entdeckte Mirande eine Reihe neuer HCN-führender Pflanzen.

Guignard[2] erzielte mit dieser Methode bei Cruciferen (myronsaures Kalium-Myrosin) ähnliche Resultate. Wie Pougnet[3] zeigte, läßt sich die Abtötung des Gewebes ohne Schädigung des Fermentes auch durch Bestrahlung mit ultraviolettem Lichte (zirka 15 Minuten) bewerkstelligen. Auch in diesem Falle wird aus den Blausäureglukosiden HCN frei.

Die mikrochemische Anwendbarkeit dieser Methode soll an den Verhältnissen bei *Arum maculatum* dargetan werden.

Zerschneidet man ein Blattstückchen von *Arum* so fein als möglich und läßt die Schnitte in der Glaskammer mit Wasser mazerieren, so erscheint erst nach zirka 2 Stunden im hängenden Silbernitrattropfen ein nennenswerter Niederschlag von Silbercyanidkrystallen. Bringt man jedoch ein Blattstückchen von zirka 1 cm^2 Fläche als ganzes in die Glaskammer und befeuchtet es direkt mit einigen Tropfen Chloroform (erst ein Überschuß von Chloroform schädigt Emulsin[4]) und schließt die Kammer durch ein Gläschen mit einem hängenden $AgNO_3$-Tropfen ab, so ist bereits in 5 bis 10 Minuten die Reaktion nahezu beendet und ein reicher AgCN-Niederschlag vorhanden.

Ebenso verlaufen Versuche bei *Isopyrum*, *Ranunculus arvensis*, *Melica nutans*, *Aspidium filix mas*, *Triglochin palustre*.

Der Zusatz von Chloroform, wie er ja in ähnlicher Weise bereits von Weevers[5] für den mikrochemischen Nachweis von Ammonium vorgeschlagen wurde, bietet demnach bedeutende Vorteile und wurde daher beim HCN-Nachweise ständig angewendet. Überdies wird bei der bis auf 10 Stunden ausgedehnten Fermentation jegliche Bakterienwirkung in irgendeiner Richtung hierdurch völlig ausgeschlossen.

Speziell mit dem Silbernitratreagens im hängenden Tropfen wurden auf diese Weise sämtliche erreichbaren Pflanzen, denen das Vorkommen von HCN zugeschrieben wird,[6] geprüft und nahezu in allen Fällen eindeutig nachgewiesen. Ausnahmen bildeten nur: *Trifolium repens*, *Lepidium sativum*, *Crataegus oxyacantha*, einige Gräser, wobei die Schuld wohl an dem Alterszustande des betreffenden Materials liegen dürfte oder das HCN-Vorkommen da bloß fakultativ ist, wie es H. E. und E. F. Armstrong[1] für das Linamarin von *Lotus corniculatus* bereits feststellten, indem sie Exemplare von allen Teilen Europas untersuchten und »häufig, jedoch keineswegs immer« ein blausäureführendes Glukosid und ein entsprechendes Ferment nachweisen konnten.

---

[1] M. Mirande, Influence exercée par certaines vapeurs sur la cyanogenèse végétale. Procédé rapide pour la recherche des plantes à acide cyanhydrique. Compt. rend., Bd. 149 (1909/2), p. 140—142.

[2] L. Guignard, Influence de l'anesthésie et du gel sur le dédoublement de certains glucosides chez les plantes. Comptes rend., 149. Bd. (1909/2), p. 91—93.

[3] M. Pougnet, Actions des rayons ultraviolets sur les plantes à commarine et quelque plantes dont l'odeur provient de glucosides dédoublés. Comptes rend., 151. Bd. (1910), p. 566—569.

[4] Vgl. E. Abderhalden, Biochem. Handlexikon, V. Bd., p. 564—568.

[5] Th. Weevers, Das Vorkommen des Ammoniaks und der Ammonsalze in den Pflanzen. Rec. Trav. bot. Neerl., Bd. 13 (1916), p. 63.

[6] Vgl. die letzte (1919) Liste von Rosenthaler, l. c., p. 295—297, 307—313, 324—329, 341—346.

Die Gestalt der erhaltenen Silbercyanidkrystalle ist eine je nach Schnelligkeit der HCN-Abspaltung und erreichter Konzentration recht verschiedene; nadelige, rankenförmige oder verfilzte Bildungen treten bei rascher, reichlicher Blausäureabspaltung auf (Rosaceen, Araceen, manche Ranunculaceen), während zumeist stark blau gefärbte Krystalldrusen, Sphärite oder Klumpen entstehen, um so größer, je langsamer die Fermentation vor sich geht. Niemals traten bei der Durchprüfung mehrerer hundert Pflanzen irgendwelche andere Krystalle auf, die durch Methylenblau gefärbt gewesen wären und der Löslichkeit von AgCN entsprachen, häufiger ist nur (z. B. bei Cruciferen) ein durch gasförmige reduzierende Substanzen hervorgerufener Silberspiegel (braune, krystallinische Körnchen oder ein zusammenhängendes Häutchen), der aber die eventuelle Krystallisation des blau gefärbten Silbercyanids nicht beeinträchtigt (z. B. bei *Lepidium Draba*).[2]

Die Empfindlichkeit der angegebenen Reaktionen soll noch durch folgendes Beispiel belegt werden:

Versuchsobjekt *Thalictrum aquilegifolium* L., junge, unreife Samen (Juli) von zirka 3 *mm* Länge und weniger als 1 *mm* Breite und Tiefe. — Es reagierten

a) mit dem Silbernitratreagens in der Glaskammer (+ Chloroform) sehr rasch 12 Samen, deutlich 5 Samen, nach 10 Minuten eindeutig — 1 Samen;

b) mit dem Benzidinreagens sehr deutlich — 5 Samen, deutlich 1 Samen, noch einwandfrei positiv — $^1/_4$ Same (= zirka Kugel von 1 *mm* Durchmesser!).

---

[1] Henry E. Armstrong, E. Frankland Armstrong und Edward Horton, Studien über Kräuter I.: Lotus corniculatus, eine cyanhältige Pflanze. Proc. Royal. Soc. London, Serie B, 84. Bd. (1911), p. 471—484.

[2] Rhodanwasserstoffsäure, welche die Eindeutigkeit der Reaktion gefährden könnte, kommt im Pflanzenreich nach Czapek (l. c., III. Bd. [1921], p. 190) nur in Cruciferensamen — wohl in Esterbindung — vor. Außerdem gibt W. D. Kooper (Untersuchungen über die schwefelhältigen Verbindungen in Allium cepa, Ztschr. f. Untersuch. d. Nahrungs- und Genußmittel, 19. Bd. [1910], p. 569—571) für den Preßsaft von *Allium cepa* einen starken Gehalt an Thiocyanwasserstoff an. Bei der mikrochemischen Untersuchung und bei direktem Zusatz von verdünnter $FeCl_3$ konnte HSCN jedoch nicht nachgewiesen werden. Der von Kooper mit Colasanti's Reaktionen (α-Naphtol, respektive Thymol + konzentrierte H_2SO_4) gefundene Rhodanwasserstoff dürfte daher erst bei der Analyse aus seiner Esterbindung freigemacht worden sein.

Nur beschränkte Anwendung kann die viel weniger empfindliche Reaktion mit Merkuronitrat im hängenden Tropfen finden, da die Blausäureverbindungen in der Pflanze meist in sehr geringen Konzentrationen vorhanden sind und bei ihrer Spaltung nur **0·5 %** (*Prunus javanicus*, sehr junge Blätter) — **0·003 %** HCN (grüne Rinde von *Sambucus nigra*), bezogen auf das Gewicht der frischen Substanz, entstehen.

Als Untersuchungsmaterial dienten stets intakte Samen und frische Pflanzen, es wurde jedoch auch die Frage geprüft, inwieweit man Herbarmaterial[1] zur Ausführung dieser Reaktionen heranziehen kann, weil dadurch die Durchprüfung seltener oder gerade nicht frisch zur Verfügung stehender Arten ermöglicht wäre. Die Blattfragmente der betreffenden „Herbarpflanzen wurden zu diesem Zwecke möglichst fein gepulvert in die kleinen Glaskammern mit fixem Boden (vgl. p. 8) gefüllt und mit Wasser durchfeuchtet. Der Zusatz von Chloroform wurde hierbei — als überflüssig — unterlassen. Wie die nachfolgende Tabelle zeigt, konnte — wider Erwarten — in der Mehrzahl der untersuchten heimischen Blausäurepflanzen HCN nachgewiesen werden, wenn auch überall in geringeren Mengen als beim frischen Material.

Auch hier zeigen sich zwei Gruppen. Diejenigen Pflanzen, die ein faßbares Blausäureglukosid enthalten (für die man daher eine getrennte Lokalisation von Glukosid und Ferment im Gewebe annehmen muß), weisen nicht so wesentlich abgeschwächte Reaktionen bei der Mazeration des getrockneten Materials in bloßem Wasser auf, z. B. Rosaceen, *Pteris*, *Melica*, *Scheuchzeria*, während die Pflanzen mit noch unbekannter oder sogenannter »lockerer« HCN-Bindung (wo man also Glukosid und ein sehr wirksames Ferment in denselben Zellen annehmen könnte), nur sehr schwach oder gar nicht mehr reagierten, z. B. Ranunculaceen, *Arum maculatum*.

Sambucus nigra, der, wie bereits erwähnt, ein sehr träges, schwer wasserlösliches Emulsin hat, reagierte auch in 10 Stunden nur in Spuren; durch Zusatz einiger Schnitte völlig süßer Mandeln (an Stelle eines Emulsinpräparates) konnte

---

[1] Die einzige Angabe über den HCN-Gehalt trockener Pflanzen fand ich bei M. Mirande (l. c., p. 141), der mit seiner Methode bei trockenen Blättern gar keine HCN feststellen konnte, bei wieder angefeuchteten Teilen nur schlechte Resultate erzielte. E. Couperot (Pertes en nitrates et en acide cyanhydrique, chez les plantes qui en renferment, pendant leur dessiccation, Journ. d. Pharm. et de Chimie, 6e Serie, T. 29 [1909], p. 100—102) erörtert zwar ebenfalls diese Frage, beschränkt jedoch seine Versuche auf drei Hollunderarten (*Sambucus nigra*, *S. laciniata*, *S. racemosa*), die wegen ihres besonders trägen Emulsins (vgl. p. 24) aber keineswegs als typische HCN-Pflanzen angesehen werden können. Langsam nach pharmazeutischer Praxis an der Luft getrocknete Hollunderblätter verlieren hierbei ein Fünftel bis einhalb ihres Gehaltes an HCN und Nitrat, was Couperot einer sekundären Fermentation zuschreibt; die rasch bei 60° im Trockenschrank behandelten Blätter weisen denselben HCN-Gehalt wie frische auf, was bei der schweren Spaltbarkeit des Sambunigrins nicht verwunderlich ist (vgl. die Resultate mit *Sambucus* in umstehender Tabelle!).

Name der Herbarpflanze	Fundort und Zeit	Enthält als HCN-Verbindung	Ausfall der HCN-Reaktion	Vergleichsreaktion mit frischem Material
Pteris aquilina L.	Chodau 1914	Pterisamygdalin	†	††
Isopyrum thalictroides L.	Laibach 1913	-	†	††††
Aquilegia vulgaris L.	Donnersberg 1915	?	†	†††
Ranunculus arvensis L.	Prag 1914	?	0	†††
Thalictrum aquilegifolium L.	Brenner (Tirol) 1914	Gepaart mit Aceton	†	†††
Amelanchier ovalis Med.	Riva 1915	Amygdalin	††	†††
Cydonia japonica Pers.	Prag 1914	Amygdalin	†††	†††
Prunus laurocerasus	Baden 1916	Laurocerasin, Prulaurasin	†††	††††
Prunus padus L.	Prag 1914	Laurocerasin	†	†††
Sambucus nigra L.	Prag 1916	Sambunigrin	(†)	†
Scheuchzeria palustris L.	Mitterbach 1919	-	††	†††
Melica nutans L.	Karlstein 1914	Dhurrin?	††	†††
Melica uniflora Retz.	Wien 1919	Dhurrin?	†	†††
Arum maculatum L.	Wienerwald 1915	?	0	†††

Zeichenerklärung. 0 negativ, (†) HCN in Spuren, †—†††† positiv in verschiedener Stärke.

die Spaltung des Sambunigrins beschleunigt werden. In diesem Falle handelt es sich also um die Schädigung des ohnehin schon wenig wirksamen Fermentes, nicht aber um eine beim Trockenprozeß bereits erfolgte Spaltung der Blausäureverbindung.

Um jedoch die Anwendbarkeit und die Vorteile des mikrochemischen Nachweises von HCN aus Pflanzenteilen mittels $AgNO_3$-Methylenblau, respektive Benzidin-Kupferacetat im hängenden Tropfen besser zu veranschaulichen, mögen einige besonders ausgearbeitete Beispiele hiefür angeführt werden.

I. Vorkommen von HCN bei der Gattung *Ribes*.

Nachdem bereits Jorissen[1] 1884 gefunden hatte, daß *Ribes aureum* Pursh. eine blausäureführende Pflanze sei, widmete Guignard[2] später dieser Gattung neuerdings seine Aufmerksamkeit. Aus den Blättern von *Ribes rubrum* L. konnte er während der ganzen Vegetationsperiode HCN gewinnen, und zwar mit fortschreitender Jahreszeit in immer geringeren Mengen: 0·0035 % (vom Lebendgewicht) HCN (Juni) — 0·0015 % HCN (August). Die Rinde der einjährigen Zweige gab nur sehr wenig HCN — es genügte kaum für die Berlinerblaureaktion; in Wurzel und Samen von *R. rubrum* war überhaupt keine HCN nachzuweisen. Das Vorkommen von Cyanwasserstoffsäure bei *Ribes aureum* Pursh. konnte Guignard bestätigen, negativ verliefen seine makrochemischen Blausäurereaktionen hingegen bei Mazeration von *Ribes nigrum*, *R. uva crispa*, *R. sanguineum*, *R. multiflorum*, *R. subvestitum*, *R. prostratum*, *R. Gordonianum* (= *aureum* × *sanguineum*), so daß es den Anschein hatte, als sei das Vorkommen einer cyanogenen Substanz in der Gattung *Ribes* relativ selten.

Im Verlauf eines Jahres prüfte ich nun ständig die im hiesigen botanischen Garten kultivierten 20 *Ribes*-Arten mittels der mikrochemischen Methoden und gelangte zu etwas abweichenden Ergebnissen, die in der folgenden Übersichtstabelle veranschaulicht werden.

Bei der überwiegenden Mehrzahl der untersuchten Arten (14 von 20!) konnte in den jungen, eben ausgetriebenen Blättern und Stengeln HCN nachgewiesen werden, freilich in verschiedener Menge. Unter den blausäureführenden Arten reagierte neben *Ribes rubrum* L. weitaus am stärksten *Ribes alpinum* L.; *Ribes nigrum*, *R. uva crispa*, *R. Gordonianum*, bei denen Guignard keine Blausäure nachweisen konnte, lieferten eindeutig positive Reaktionen.

Bemerkenswert ist jedoch das Verhalten der völlig ausgewachsenen Blätter, die, wie die Tabelle zeigt, bereits im Mai,

---

[1] A. Jorissen, Bull. de l'acad. roy. des Sciences de Belgique, 1884, 3e serie, t. VIII, p. 257.

[2] L. Guignard, Sur l'existence, dans certains grosseilliers, d'un composé fournissant de l'acide cyanhydrique. Compt. rend., 141. Bd., 1905/2, p. 448—452.

Übersicht über das Vorkommen von HCN bei der Gattung Ribes.

Untergattung 1	Art	Frühere Untersucher	Untersucht von Guignard 1905	Eigene mikrochemische Untersuchungen am				
				21. III. 1921	10. V. 1921		17. IX. 1921	18. IX. 1921 zum zweiten Male ausgetrieben
					alte Blätter	junge Blätter		
Ribesia Berland	*Ribes rubrum* L.	(†) (1898, A. Hebert)	(†) (0·0035—0·0015 $^0/_0$)	†††	††	††	†	—
	» *multiflorum* × *petraeum*	—	—	††	0	††	0	—
Coreosma	*Ribes prostratum* L'Her.	—	0	—	—	—	—	—
	» *sanguineum* Pursh.	—	0	0	0	0	—	—
	» *Gordonianum* (*aureum* × *sang.*)	—	0	††	0	††	0	—
	» *aureum* Pursh.	(†) (1884, A. Jorissen)	(†) (weniger als *R. rubr.*)	0	0	0	—	—
	» *tenuiflorum* Lindl.	—	—	††	†	††	—	—
	» *cereum* Dougl.	—	—	0	0	0	—	0
	» *nigrum* L.	(†) (1898, A. Hebert)	0	†	0	††	—	0
	» *floridum* L'Her.	—	—	0	0	0	—	0

Grossularia A. Rich.	*Ribes subvestitum* Hook.	—	0	—	—	—	—	—
	» *divaricatum* var. *irriguum* Dougl.	—	—	†	0	†	—	—
	» *oxyacanthoides* L.	—	—	†	0	†	—	††
	» *grossularia* var. *crispa*	—	—	††	0	0	—	—
	» *uva crispa* L.	—	0	†	0	†	—	—
Berisia Spach.	*Ribes diacantha* Pall.	—	—	†	0	0	—	—
	» *alpinum* L.	—	—	†††	0	†	0	†††
	» *glaciale* Wall.[1]	—	—	†	0	0	—	—
Diverse	*Ribes pallidum* Otto u. Dietz	—	—	0	0	0	—	—
	» *pinetorum* Greene	—	—	†	0	0	0	†
	» *chrysococcum* Hort.	—	—	††	†	††	0	—
	» *Spachii* Lam.	—	—	0	0	0	—	—

Zeichenerklärung: (†) positiver makrochemischer Befund, ††† sehr reichlich HCN,
— nicht untersucht, †† deutliche HCN-Reaktionen,
0 negativ, † schwach positiv (deutlicher erst bei leichtem Erwärmen).

---

[1] Die Anordnung der Untergattungen und Arten sowie die Nomenklatur nach E. d. Janczewski, in Engler-Prantl, Nat.-Pflanzenfamilien, Ergänzbd. III (1915), p. 110—111.

knapp nach der Blüte, bei den meisten Arten keine mikrochemisch nachweisbaren Mengen von HCN mehr enthalten, während die noch in Ausbildung begriffenen jüngsten Blätter an denselben Sprossen Blausäure in annähernd demselben Maße führen wie die ersten Triebe im März.

Infolge des sehr trockenen, heißen Sommers setzte der Laubfall früh ein; mit Ausnahme von *Ribes rubrum* L., dessen vier letzte Blätter am Strauche, schon völlig vertrocknet, trotzdem noch positiv auf HCN reagierten, konnte bei keiner der Arten mehr Blausäure in den Blättern nachgewiesen werden. Manche der beobachteten Arten jedoch trieben, begünstigt durch das warme Herbstwetter, beim Laubfall zum zweiten Male aus. Diese jungen Blättchen stimmten in ihrem Blausäuregehalt mit denen des Frühjahres überein.

Es hat demnach den Anschein, als ob bei *Ribes* eine Blausäureverbindung nur als intermediäres Produkt beim Aufbau der Blatt- und Stengelorgane auftritt, um dann rasch wieder zu verschwinden. Bloß *Ribes rubrum* L., das HCN besonders reichlich führt, bildet eine Ausnahme von diesem Verhalten. — Damit zeigt *Ribes* einen auffallenden Unterschied gegenüber den Verhältnissen in den beiden folgenden Beispielen, nämlich zu den Blausäureglukosiden der Rosaceen (*Crataegus*) und den nicht näher bekannten HCN-Verbindungen der Araceen.

II. Vorkommen von HCN bei der Gattung *Crataegus*.

Blausäureglukoside finden sich bei den Rosaceen sehr häufig; regelmäßig treten sie auf bei den *Prunoideae*, nicht durchgängig bei den *Pomoideae* und *Spiraeoideae*, gar nicht hingegen bei den *Rosoideae*.

Über die besonders in Nordamerika so artenreiche Gattung *Crataegus* (*Pomoideae*) liegen in dieser Hinsicht noch keine näheren Untersuchungen vor. Nur Wicke[1] und nach ihm E. Lehmann fanden bei *Crataegus oxyacantha* L. HCN nebst Benzaldehyd in den Samen und jungen Sprossen, nicht aber in den Blättern vor.

Im folgenden sei eine Übersicht über 23 von mir nach der mikrochemischen Methode untersuchten *Crataegus*-Arten (zumeist kultiviert im Botanischen Garten der Universität Wien) gegeben. Auch hier wurde die Untersuchung über eine ganze Vegetationsperiode ausgedehnt (vgl. Tabelle p. 34—35).

Hierbei zeigt sich, daß bei *Crataegus* gewisse Arten (*Cr. Douglasii* Ldl., *Cr. pentagyna* W. K., *Cr. Forbesae* Sargent, *Cr. persimilis* [?]) Blausäureverbindungen in den Blättern in hohem Maße und auch nach der Blüte führen, während bei der Mehrzahl der Arten selbst in ganz jungen Trieben und Knospen keine

---

[1] H. Wicke, Annalen d. Chemie u. Pharm., Bd. 79 (1851), p. 79.

Spur von HCN nachweisbar ist. — Irgendeine systematische Verwandtschaft der fünf blausäurehältigen Arten liegt nicht vor. — Wie fast überall, kann auch in diesem Falle eine relative Abnahme des HCN-Gehaltes in den vollentwickelten Blättern (Mai) festgestellt werden; bei *Crataegus Holmesiana* Ashe war dadurch die Empfindlichkeitsgrenze der Reaktion erreicht, so daß die Prüfung im Mai ein negatives Resultat ergab. Bis zum September war bei allen fünf Arten HCN gänzlich verschwunden.

Die Samen erwiesen sich, soweit sie untersucht werden konnten, als blausäurefrei, ein Ergebnis, das dem Befunde Wicke's und den allgemein an Rosaceen gemachten Erfahrungen widerspricht.

III. Vorkommen von HCN bei den *Araceae*.

Die *Araceae* zählen gleichwie die *Rosaceae* und *Gramineae* unter diejenigen Familien, bei welchen am meisten blausäureführende Vertreter bisher bekannt wurden. Um was für eine cyanogene Verbindung es sich hierbei handelt, wurde noch nicht sichergestellt.

Durch die Untersuchungen von Jorissen (1884), Greshoff (1890), v. Romburgh (1897) und insbesondere von Treub[1] (1907) sind im ganzen 31 blausäureführende *Araceae* bekannt,[2] die sich auf die Gattungen *Arum*, *Anthurium*, *Alocasia*, *Colocasia*, *Schizocasia*, *Lasia*, *Cyrtosperma*, *Dracontium* und *Dieffenbachia* verteilen.

Die Anwendung der mikrochemischen Methode gerade bei dieser Familie erschien daher erfolgversprechend, zumal die Aroideen des Mediterrangebietes und die Araceaen der europäischen Gewächshäuser noch kaum eine Untersuchung erfahren haben.

1. *Aroideae*.[3] — Folgende Arten gaben mit ihren Blättern und Stengeln positive Blausäurereaktionen: *Arum Dioscoridis* Sibth et Smith var. *spectabile* Schott (Nr. 3), *Arum orientale* M. Bieb (Nr. 8) in verschiedenen Subspezies, *Arum italicum* Mill (Nr. 11) mit verschiedenen Varietäten, und in Übereinstimmung mit zahlreichen früheren Angaben (Jorissen, Mirande) *Arum maculatum* L. (Nr. 12) in mehreren Varietäten; ebenso *Eminium intortum* O. Ktze. (früher *Helicophyllum* [*Arum*] *Rauwolfii* [Blume] Schott), *Arisarum vulgare* Targ. Tozz. und *Arisarum proboscideum* (L.) Savi, schließlich *Pinellia ternata* (Thunb.) Breitenbach.

Alle angeführten Arten wurden sowohl im ersten Jugendstadium (Jänner, unter Schnee und Laub) als auch knapp vor der

---

[1] M. Treub, Nouvelles recherches etc. II. Ann. d. Jardin Bot. de Buitenzorg, 2e Serie, vol. VI (1907), p. 91.

[2] Vgl. L. Rosenthaler, l. c., Tabelle.

[3] Die Anordnung, Nomenklatur und Numerierung erfolgte wegen der zahlreichen Synonyme, Varietäten etc. nach A. Engler, Das Pflanzenreich (Regni vegetabilis conspectus), Bd. IV, 23 F. Araceae — Aroideae, Leipzig 1920.

Übersicht über das Vorkommen von HCN bei Crataegus.

Ordnung nach C. K. Schneider[1]	Art	Ergebnis der HCN-Reaktionen			Anmerkung
		am 3. IV. 1921 nach dem Austreiben	am 5. V. 1921 im Blütenstadium	17. IX. 1921 Herbstlaub	
Nr. 10	*Crataegus Douglasii* Ldl.	†††	†††	0	Aus Nordamerika stammend
» 15	» *pentagyna* W. et Kitt.	††	†	0	
» 18	» *oxyacantha* L.	0	0	—	Ebenso Varietäten
» 19	» *monogyna* Jacq.	0	—	—	» »
» 20	» *ambigua* Becker	0	—	—	Wahrscheinlich var. *pectinata* Lgc.
» 22	» *tanacetifolia* Pers.	0	—	—	
» 23 *a*	» *orientalis* Pall. typ.	0	—	—	
» 23 *b*	» *Tournefortii* Griseb.	0	—	—	= *Cr. orientalis* var. *Tournefortii*
» 25	» *Heldreichii* Boiss.	0	—	—	
» 35	» *flava* Ait.	0	—	—	
» 38	» *stipulosa* Stend.	0	—	—	
» 40	» *punctata* Jacq.	0	—	—	
» 49	» *coccinea* L.	0	—	—	

» 49 *A*	» *rotundifolia* Mnch.	0	—	—	
» 50	» *Holmesiana* Ashe	†	0	0	In den erwachsenen Blättern keine HCN mehr
Diverse Arten	*Crataegus caucasica* C. Koch	0	—	—	
	» *Bosciana* M. Roem.	0	—	—	= *Cr. crus galli* L.
	» *grandiflora* K. Koch	0	—	—	
	» *phoenicea* Hort.	0	—	—	
Neue, nordamerikanische Arten (1900—1910)	*Crataegus Forbesae*[1] Sargent	†††	††	0	
	» *fusca* Sargent	0	—	—	
	» *Laneyi* Sargent	0	—	—	
	» *persimilis*?	††	†	0	Nur die jeweils jüngsten Blätter reagieren

Zeichenerklärung siehe Übersicht zu I, p. 31.

---

[1] Camillo Karl Schneider, Illustriertes Handbuch der Laubholzkunde, Jena 1906, I. Bd., p. 766 ff.

Blüte (Mitte Mai) untersucht, ohne daß eine wesentliche quantitative Abnahme des Blausäuregehaltes in den ausgewachsenen Blättern festgestellt werden konnte, wie dies für *Arum maculatum* von mancher Seite angegeben wurde.

Bei *Arum maculatum* wurden die einzelnen Teile eingehender geprüft. Die unterirdischen Knollen erwiesen sich als frei von HCN; in reichem Maße führten Cyanwasserstoff alle grünen Teile, einschließlich der jungen Spatha und der Infloreszenzachse bis in die Höhe der männlichen Blüten. Nur der Appendix ergab keine Blausäurereaktion. — Von *Arum Nickelii* (Schott) Engl., einer Varietät von *Arum italicum*, standen auch Früchte und Samen zur Verfügung. Im Juli besaßen die unreifen grünen Früchte und die unreifen Samen einen starken HCN-Gehalt; die Mitte September untersuchten überreifen roten Beeren und die reifen Samen reagierten hingegen völlig negativ.

2 *Araceae* im allgemeinen — Bei verschiedenen Araceen der hiesigen Gewächshauser konnte mikrochemisch das reichliche Vorkommen von Cyanwasserstoff zumindest in den jungen grünen Organen bestätigt werden, z. B. bei *Colocasia gigantea* Hook, *Lasia aculeata* Low., *Anthurium pentaphyllum* G. Don, *Anthurium Harrisii* G. Don.

Von den bisher noch nicht untersuchten Arten erwiesen sich folgende Pflanzen in ihren jugendlichen Teilen als blausäureführend: *Anthurium imperiale* Mig., *Anthurium Binotii* Linden, *Anthurium Miguelianum* C. Koch, *Anthurium Scherzerianum* Schott, *Anthurium cuspidatum* Mast., *Alocasia cucullata* Schott, *Dieffenbachia Bausei* Rgl.

Negativ verliefen die Reaktionen bei den Gattungen *Pothos*, *Philodendron*, *Aglaonema*, *Schismatoglottis*, *Tacca*, *Steudnera*, *Amorphophallus*, *Zantedeschia* u. a.

Im ganzen konnten demnach nur bei der Durchprüfung der in den botanischen Instituten der Universität Wien gezogenen Araceen 14 neue blausäureführende Arten gefunden werden. Eine Abhängigkeit des Blausäuregehaltes vom Alter des betreffenden Organs, wie sie bei *Ribes* so deutlich zutage getreten ist, konnte nicht durchgängig, sondern nur bei den *Araceae* mit ausdauernden Blättern (*Anthurium* etc.) festgestellt werden.

IV. Sonstige neue Blausäurepflanzen.

Nach den vorstehenden drei ausgearbeiteten Beispielen, welche zeigen sollen, daß die mikrochemische Methode des HCN-Nachweises auch für den Einblick in die physiologischen Verhältnisse der behandelten Pflanzen von Bedeutung ist, sollen schließlich noch kurz jene Pflanzen angeführt werden, bei denen das Vorkommen von cyanogenen Substanzen gelegentlich der Erprobung der Mikro-Reaktionen ebenfalls neu aufgefunden wurde, welche also zu der Liste der blausäureführenden Pflanzen von L. Rosenthaler (1919) noch hinzuzufügen wären:

Name	HCN nachgewiesen in	Verwandte Arten, bei denen HCN-Reaktionen negativ	In der Literatur als HCN-führend bereits bekannte Verwandte	Ergebnis der mikrochemischen Nachprüfung
Nephrodium filix mas (L.) Rich.	Blätter	—	*Pteris aquilina*, *Cystopteris*-Arten (Greshoff 1909 — Mirande 1912)	0
Ranunculus montanus Willd.	Grüne Teile in ziemlicher Konzentration	*R. alpestris* L. » *aconitifolius* L. » *hybridus* Biria » *scutatus* Schott » *nemorosus* DC. » *lanuginosus* L. » *Steveni* Andrz.	*R. repens* L. » *arvensis* L. (P Fitschy 1906)	beide stark positiv
Thalictrum minus L.	Blätter (inkonstant, nur bei kleinen Exemplaren)	*Th. banaticum* Rochel	*Th. aquilegifolium* L. » *angustifolium* (= *Th. lucidum* L.) (L. van Itallie 1905, 1910)	Blätter, Samen stark positiv
Thalictrum flexuosum Bernh.	Blätter sehr wenig			Blätter positiv (schwach und inkonstant)
Lepidium draba L.	Blätter, besonders stark die jungen (in alten verschwindend), Samen HCN-frei	*L. ruderale* L.	*Lepidium sativum* L. (M. Schulze 1862, Rosenthaler 1919)	Samen, Keimlinge negativ (!)
Hydrangea aspera Buch. Ham.	Blätter, grüne Stengel (stark)	*Hydr. Bredschneideri* Dipp. » *stellata* Sieb. et Zucc. » *petiolaris* Sieb. et Zucc. » *Sargentii* » *japonica* Siebold	*Hydr. hortensis* L. » *involucrata* Sieb. » *Thunbergii* Sieb. » *Lindleyana*	0

Sowie endlich die Rosaceen: *Spirea alpina*, *Amelanchier utahensis* Koch, *Prunus cerasifera* Ehrh. (= *Pr. Myrobalanus*), *Coloneaster baccilaris* Wall.

2. Lokalisierter HCN-Nachweis.

Weitaus schwieriger gestaltet sich der lokalisierte Nachweis von Blausäure im pflanzlichen Gewebe.

Für die sogenannte »locker gebundene« HCN sind bereits zwei diesem Zwecke entsprechende Methoden bekannt: die von Treub[1] eingeführte Berlinerblaureaktion im Verein mit dem Bürstenverfahren und Peche's[2] Nachweis mit Mercuronitrat.[3]

Von der Berlinerblaureaktion sagt Treub[4] selbst: »Es ist, a priori, wahrscheinlich, daß der Niederschlag von Berlinerblau, der sich in den Blättern bei dem angegebenen Verfahren bildet, von dem »quasifreien« HCN herrührt und nicht von der glykosidischen Verbindung (Phaseolunatin). Die folgende Erfahrung zeigt, daß es so ist, ...« Diese Ansicht entspringt aus der Überlegung, daß durch das Eintauchen der Blätter oder Schnitte in die alkoholische Kalilauge (erster Teil der Reaktion) jede weitere fermentative Spaltung eventuell vorhandener HCN-Glukoside unterbrochen und gelähmt werden muß. Aus diesem Grunde wird die Berlinerblaumethode bei allen jenen Objekten versagen, die Glukosid und Ferment räumlich getrennt enthalten,[5] wie z. B. bei trockenen, dünnen Schnitten von der bitteren Mandel, von *Phaseolus lunatus* (Bohnensame) oder bei Blättern von *Sambucus nigra* etc.

Tatsächlich ist die Lokalisation bei der Berlinerblaumethode, wie schon Peche betonte, nur eine bedingte und nur bei den stark HCN-haltigen Tropenpflanzen (*Pangium edule*, *Phaseolus lunatus*, Araceen) stets befriedigend, besitzt jedoch den Vorteil vollkommener Eindeutigkeit. — Schon bei *Prunus laurocerasus*, einer der an Blausäure reichsten Pflanzen der Heimat, sah sich Peche zur Erprobung einer feineren Methode gezwungen; mit dem Mercuronitratreagens erzielte er auch an diesem Objekt sehr günstige Ergebnisse. Wird zur Ergänzung mit demselben Material eine der früher angegebenen qualitativen Mikroreaktionen durchgeführt, so ist auch die Herkunft des reduzierten, metallischen Quecksilbers eindeutig sichergestellt. — Dort, wo keine »lockere« HCN-Bindung vorliegt, z. B. bei *Arum maculatum*, versagt aber auch diese Methode, was bereits Peche anscheinend erkannte.

Die für den qualitativen Blausäurenachweis so empfindlichen Reaktionen mit Silbernitrat und Benzidin-Kupferacetat kommen für die Lokalisationsermittlung im Pflanzenschnitt nicht in Betracht. $1^0/_0$ Silbernitrat schädigt zwar, wie ich mich durch Versuche überzeugte, den fermentativen Prozeß gar nicht, doch das bei direktem Kontakt gefällte Silbercyanid ist amorph, käsig weiß, ähnlich wie Silberchlorid, und kann (vgl. p. 8) erst durch Umkrystallisieren mit NH_3 als Silbercyanid identifiziert werden, wodurch jede Lokalisation verloren geht. Das Benzidinreagens ist gegen zahlreiche in den Schnitten vorkommende Stoffe empfindlich (z. B. werden die sauerstoffübertragenden Kuprisalzspuren von Gerbstoffen abgefangen — *Prunus laurocerasus*), so daß es bei direktem Kontakt mit diesen in der Regel versagt (vgl. p. 50).

---

[1] M. Treub, l. c. (1895), p. 1—12.

[2] K. Peche, l. c., p. 4—5 (des Separat.).

[3] Betreffs der Art der Durchführung beider Reaktionen vgl. neben den Originalarbeiten auch: H. Molisch, Mikrochemie der Pflanze, 2. Aufl. (1921), p. 191 bis 193; O. Tunmann, Pflanzenmikrochemie, 1913, p. 358—359.

[4] M. Treub, l. c., 1905 (*Phaseolus lunatus*), p. 94.

[5] Die »lockere« HCN-Bindung kann man hingegen, wie bereits angedeutet, als eine topographische Koexistenz von Blausäureglukosid und wirksamem Enzym auffassen (vgl. p. 6).

Für den lokalisierten Nachweis der aus den Glukosiden bei langsamer Fermentation abgespaltenen HCN ist daher keine der vier erwähnten Proben als »abfangendes« Reagens geeignet.

Man kann also zusammenfassend feststellen, daß der lokalisierte Nachweis der aus pflanzlichem Gewebe freiwerdenden Blausäure mit den bisher bekannten Methoden bei der großen Mehrzahl der cyanogenen Pflanzen nicht gelingt, in besonders günstigen Fällen jedoch (bei der sogenannten »lockeren« Bindung) und bei relativ konzentriertem Vorkommen Treub's Berlinerblaureaktion und Peche's Mercuronitrat brauchbare Resultate liefern.

Die rein qualitativen HCN-Reaktionen mit Silbernitrat-Methylenblau und Benzidin-Kupferacetat im hängenden Tropfen sind jedoch bei sämtlichen cyanogenen Pflanzen anwendbar und speziell erstere stets eindeutig.

C. Versuch des direkten mikrochemischen Nachweises eines Blausäureglukosids.

Die Unmöglichkeit eines lokalisierten Nachweises der aus den Blausäureglukosiden abgespaltenen HCN, die im vorhergegangenen Abschnitte aufgezeigt wurde, legte den Gedanken nahe, vielleicht die Glukoside selbst, noch ungespalten, analytisch zu fassen und damit dem rein qualitativen Blausäurenachweis eine wertvolle Ergänzung zu geben.

Am längsten bekannt und am eingehendsten studiert ist das Amygdalin (erste Darstellung 1830 von Robiquet-Boutron Charland) und an diesem, bei den Rosaceen (*Prunoideae-Pomoideae*) so verbreiteten Glukosid habe ich alle Möglichkeiten für den direkten mikrochemischen Nachweis dieser Substanz erprobt.

---

[1] Amygdalin ist leicht löslich in Wasser und Alkohol, unlöslich in Äther. Schon allein diese gute Löslichkeit läßt einen lokalisierten Nachweis fraglich erscheinen. Durch heiße verdünnte Säuren wird Amygdalin hydrolysiert, doch sind alle entstehenden Produkte selbst wieder leicht löslich. Mit konzentrierter H_2SO_4 gibt es, wie einige andere Glukoside (z. B. Salicin, Coniferin) eine tiefrote Färbung; mikrochemisch ist diese Eigenschaft jedenfalls nicht verwertbar. Wohl wird ein

Schnitt von einer bitteren Mandel in konzentrierter H_2SO_4 in kurzem tiefviolettrot, doch zeigt ein unter gleiche Bedingungen gebrachter Schnitt einer süßen Mandel, die nachweislich höchstens Spuren eines Blausäureglukosides enthält, dieselbe Farbenreaktion, wenn auch in weit geringerem Grade; offensichtlich tritt hier die bekannte Raspail'sche Reaktion ein.

Durch Kochen mit Kalilauge oder Barytwasser wird Amygdalin in Amygdalinsäure $C_{20}H_{28}O_{13}$ und NH_3 gespalten. Diesem Umstande schreibt es auch Rosenthaler[1] zu, daß Amygdalin mit Nessler's Reagens einen gelb- bis braunroten Niederschlag liefert, der beim Erhitzen seine Farbe kaum ändert (im Gegensatz zum Salicin); das durch die freie Lauge des Reagens abgespaltene NH_3 bildet das hitzebeständige, unlösliche NHg_2J.

In der Tat erhält man einen teilweise lokalisierten braunen Niederschlag, wenn man Schnitte von bitteren Mandeln, Apfel- oder Quittenkernen in Nessler's Reagens auf dem Objektträger vorsichtig kurze Zeit erwärmt. Wie viel jedoch hierbei durch Ammoniumverbindungen oder organische Substanzen mit einer NH_2-Gruppe verursacht wurde, bleibt unentschieden.

Doch schon bei *Prunus laurocerasus* L. (Schnitte aus Blatt und Stengel) versagt die Reaktion vollends, indem sich die von Peche[2] näher studierten zahlreichen Gerbstoffzellen sofort intensiv gelb bis orange färben, bei stärkerem Erwärmen hingegen das Nessler'sche Reagens zu einem tiefschwarzen Niederschlag reduzieren. — Es sprechen also dieselben Einwände, die gegen die Verwertbarkeit von Nessler's Reagens zum Ammoniumnachweis im Gewebe geäußert wurden,[3] in noch gesteigertem Maße gegen seine Verwendung zum Nachweis von Amygdalin und anderer HCN-Glukoside, zumal da auch die meisten Saponine, wie J. Vamvakas[4] und Rosenthaler[5] zeigten, mit diesem Reagens starke Fällungen geben und nach der Zusammenstellung E. Schaer's[6] bei 22 Pflanzenfamilien Saponine zugleich mit Blausäureglukosiden vorkommen.

Mit Kaliumpermanganatlösung sollen aus Amygdalin cyansaures und benzoesaures Kalium entstehen. Mikrochemisch gelang es mir nicht, aus Schnitten, die in Kaliumpermanganat eintrocknen gelassen wurden, Benzoesäure zu sublimieren. Als lokale Reaktion käme dieser Weg ohnehin nicht in Betracht.

Die übrigen Blausäureglukoside stimmen in ihrem chemischen Verhalten im wesentlichen mit Amygdalin überein, so daß auch bei ihnen keine besseren Resultate zu erzielen wären.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß ein direkter mikrochemischer Nachweis dieser Körper mit Hilfe ihrer bis jetzt bekannten Eigenschaften nicht gelingt, weder qualitativ in eindeutiger Weise, noch auch lokalisiert. — Es zeigt sich in diesem negativen Ergebnisse eine gewisse Analogie mit den Verhältnissen bei dem Sinigrin der Cruciferen, das Peche[7] an einzelnen

---

[1] L. Rosenthaler, Das Verhalten von Nessler's Reagens gegen einige Glukoside (speziell Saponine) und Kohlehydrate. Pharm. Zentr. H. 47, p. 581; Ref. Chem. Zentralbl., 1906, II, p. 718.

[2] K. Peche, Mikrochemischer Nachweis der Cyanwasserstoffsäure in Prunus Laurocerasus L. Sitzber. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, 1912, Bd. CXXI, Abt. I.

[3] Vgl. H. Molisch, Mikrochemie der Pflanze, 1913, p. 61.

[4] Jean Vamvakas, Nessler's Reagens als Mittel des Nachweises von Saponin. Ref. Chem. Zentralbl., 1906, II, p. 167—168.

[5] L. Rosenthaler, l. c., p. 718.

[6] Ed. Schaer, Schweiz. Wchschft. f. Chemie u. Pharmacie, 1910, XLVIII, p. 645, zitiert nach Tunmann.

[7] K. Peche, Mikrochemischer Nachweis des Myrosins. Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch., 1913, Bd. 31, Heft 8, p. 458—462.

Objekten nachzuweisen versuchte, jedoch zu keinen befriedigenden, eindeutigen Reaktionen gelangte.

D. Mikrochemischer Nachweis des Emulsins in pflanzlichen und tierischen Objekten.

Wenn man den Begriff »Emulsin« in der Weise faßt, daß man alle ungeformten Enzyme in Pflanze und Tier, die imstande sind, Amygdalin in HCN, Benzaldehyd und Zucker zu spalten, als »Emulsin im Sinne eines Gruppenbegriffes« (Molisch[1]) bezeichnet, so genießt dieses Ferment bei allen Lebewesen, von den Bakterien, Pilzen und Flechten angefangen, bis selbst zum Menschen herauf eine weite Verbreitung.[2]

Wie Molisch[1] betont, sind spezifische, mikrochemische Reaktionen, die eindeutig Emulsin anzeigen, bisher nicht bekannt. Es lag daher der Gedanke nahe, die im Abschnitt *B* geschilderten empfindlichen, rein qualitativen Mikroreaktionen auf HCN mittels $AgNO_3$, respektive Benzidin-Kupferacetat auch für den qualitativen Nachweis von Emulsin in biologischen Objekten zu verwerten.

1. Qualitativer mikrochemischer Nachweis von Emulsin.

Bei makro-, respektive biochemischen Untersuchungen wurde Emulsin in der Weise nachgewiesen, daß ein feines Gereibsel des Objektes (5 bis 50 *g*!) mit einer 1 bis 5 $^0/_0$-Lösung von Amygdalin zusammengebracht und unter Ausschluß von Bakterienwirkung bei erhöhter Temperatur (25° bis 38° C.) durch 24 bis 48 Stunden der Fermentation überlassen wurde. Der eventuelle Eintritt der Amygdalinspaltung wurde entweder bloß durch Auftreten des Bittermandelölgeruches (R. Kobert,[3] M. Gonnermann[4]) eventuell in Verbindung mit dem HCN-Nachweis mittels Schönbein's Guajakonsäure-Kupfersulfatpapier festgestellt oder es wurde in exakterer Weise die entstandene Blausäure abdestilliert und im Destillat nachgewiesen (L. Guignard,[5] Bertrand und Rivkind,[6] L. Rosenthaler,[7] S. Higuchi[8]), schließlich griff man wie Gonnermann[1] und Higuchi[2] bei tierischen Geweben zum Zuckernachweis in der Mazerationsflüssigkeit oder man bestimmte nach Bourquelot's[3] biologischer Methode die Amygdalinspaltung nach dem Rückgang des Drehungsvermögens in der Probeflüssigkeit.

---

[1] H. Molisch, l. c., 1921, p. 322—323.

[2] Bezüglich der Verbreitung vgl. E. Abderhalden, Biochemisches Handlexikon, V. Bd., p. 564—568, sowie die dort zitierte Literatur.

[3] R. Kobert, Über einige Enzyme wirbelloser Tiere. Pflüger's Archiv f. d. ges. Phys., 99. Bd. (1903), p. 116—186.

[4] M. Gonnermann, Über das Spaltungsvermögen von Leberhistozym und einiger Enzyme auf einige Glykoside und Alkaloide. Pflüger's Archiv f. d. ges. Phys., 113. Bd. (1906), p. 168—197.

[5] L. Guignard, Quelques faits relatifs à l'histoire de l'émulsine; existence générale de ce ferment chez les Orchidées. Compt. rend., Bd. 141 (1905/2), p. 637 bis 640.

[6] G. Bertrand et L. Rivkind, Sur la répartition de la vicianine et de sa diastase dans les graines de Légumineuses. Compt. rend., Bd. 143 (1906/2), p. 970 bis 972.

[7] L. Rosenthaler, Über die Verbreitung emulsinartiger Enzyme. Arch. d. Pharm., Bd. 251 (1913), p. 56—84.

[8] S. Higuchi, Über die pharmakologischen Wirkungen der Plazenta. Biochem. Ztschft., 17. Bd. (1909), p. 21—67.

Beim mikrochemischen Emulsinnachweis kommt jedoch im allgemeinen nur die Feststellung des einen Spaltproduktes des Amygdalins — der Blausäure HCN — in Betracht, da reduzierende Zucker in Pflanzenteilen meist schon von vornherein enthalten sind und für Benzaldehyd bisher kein eindeutiges, empfindliches Mikroreagens bekannt wurde, die Geruchsprobe aber subjektiv und wenig empfindlich ist und durch andere flüchtige Substanzen völlig unmöglich gemacht werden kann.

Daß die HCN-Abspaltung aus Amygdalin immer als Enzymwirkung des zugesetzten Gereibsels aufzufassen ist, erörtert bereits eingehender Rosenthaler[4] in bejahendem Sinne; bei Vermeidung höherer Temperaturen und bei strengem Ausschluß von Bakterienwirkung ist eine andere als rein fermentative HCN-Abspaltung aus dem stabilen Amygdalin in neutral reagierendem Medium wohl ausgeschlossen.

Zum Nachweis der entstandenen HCN läßt sich 1 $^0/_0$ Silbernitrat-Methylenblau, respektive Benzidin-Kupferacetat im hängenden Tropfen verwenden.

a) Durchführung der mikrochemischen Probe auf Emulsin. — Eine sehr geringe Menge der Substanz (Samen, Frucht, frische Stengel und Blätter oder Drogen, respektive Herbarmaterial; ganze Tiere oder einzelne tierische Organteile) wird — eventuell unter Zuhilfenahme von Quarzsand — zu einem feinen Pulver, beziehungsweise Brei zerrieben.[5] Die so vorbereitete Substanz gelangt in eine Glaskammer mit fixem Boden (14 *mm* Durchmesser, 5 *mm* Höhe) und wird mit einer 5 $^0/_0$-Amygdalinlösung[6] — höchstens mit $^1/_2$ cm^3 — angerührt, die überdies ein Antisepticum enthält, auf dessen Wahl im nächsten Punkt (*b*) näher eingegangen werden soll.

Die Glaskammer wird hierauf durch einen Objektträger abgeschlossen, der nebeneinander je einen hängenden Tropfen von 1 $^0/_0$-Silbernitrat-Methylenblau und von Benzidin-Kupferacetatlösung trägt. Auf die Darbietung einer erhöhten oder optimalen Temperatur (25 bis 40°) während der nun erfolgenden Fermentation, wie dies bisher üblich, wurde verzichtet, um besondere Vorkehrungen gegen das Eintrocknen der hängenden Tropfen in der Glaskammer zu erübrigen und das vorzeitige Abdampfen des zugesetzten Antisepticums zu verhindern. Ich führte vielmehr sämtliche derartigen Proben bei einer Zimmertemperatur von 8° bis 16° aus. Trotzdem zeigte sich im allgemeinen — z. B. bei *Secale cornutum*, *Sinapis alba*, *Coriandrum*, *Anthyllis vulneraria*, *Aspergillus niger*, *Melolontha vulgaris* (Maikäfer) — schon nach $1^1/_2$ bis 2 Stunden in beiden Reagenstropfen deutliche Reaktion auf HCN, regelmäßig stärker in dem von Benzidin (große blaue Nadeln und Aggregate), oft erst in Spuren im Silbernitrat (blau gefärbte Knollen und Drusen von AgCN). In längstens 8 bis 12 Stunden lassen sich auch nicht sehr wirksame Emulsine (*Ricinus communis*, *Gleditschia triacanthos* [Samen]; Rinderleber) durch das Entstehen einer schwachen HCN-Atmosphäre in der Mazerationskammer mittels beider Reagentien nachweisen.[1] Länger als 24 Stunden wurde der Mazerationsprozeß in keinem Falle fortgesetzt, da bei Erschöpfung des Antisepticums die Gefahr einer Bakterienwirkung zu befürchten war.

---

[1] M. Gonnermann, l. c.

[2] S. Higuchi, l. c.

[3] Em. Bourquelot, Über den Nachweis der Glykoside in den Pflanzen mit Hilfe des Emulsins. Arch. d. Pharm., 245. Bd. (1907), p. 172—180.

[4] L. Rosenthaler, l. c. (1913), p. 59.

[5] Auch ein oder mehrere Schnitte können verwendet werden, nur wird dadurch die Reaktionszeit etwas verzögert.

[6] Amygdalin wurde als Originalpräparat von C. Kahlbaum verwendet; bei lang andauernder Selbstmazeration erwies es sich als völlig frei von eventuellen Ferment(Emulsin)verunreinigungen.

b) Wahl des Antiseptikums. — Da bis jetzt ungefähr sieben Bakterienarten bekannt geworden sind, die Amygdalin unter Bildung von Blausäure zu spalten vermögen, kann der oben beschriebenen Reaktionsanstellung eine wirkliche Eindeutigkeit nur zugeschrieben werden, wenn die Entwicklung von Fäulnis auf dem organischen Gereibsel durch Antiseptica hintangehalten wird. Nicht alle Antiseptica sind hierzu verwendbar. Zugesetztes Sublimat oder Silbernitrat würden den gebildeten Cyanwasserstoff abfangen, Formol hemmt bereits in Spuren jede Emulsinwirkung gänzlich. Von Kobert[2] und seinen Schülern[3] wurden hauptsächlich drei Antiseptica in wechselnder Zusammensetzung und Konzentration beim Fermentnachweis verwendet: Toluolwasser (Toluol zu 3% wasserlöslich; eingeführt von E. Fischer), Chloroformwasser und Natriumfluorid (bei 15° C. zu 4% wasserlöslich; eingeführt von Tappeiner). Letzteres schien besonders geeignet, wenn auch schon Kobert[2] und in eingehenderer Weise Higuchi[3] darauf hinwiesen, daß NaF bei gewissen Objekten (menschliche Plazenta) die Wirkung der nicht organisierten Fermente vernichtet oder wenigstens nicht aufkommen läßt, schon in Konzentrationen, die nicht mehr als Fäulnisschutz angesehen werden können.

---

[1] Bezüglich AgCN vgl. p. 8—14; bezüglich des Benzidinoxydationsproduktes p. 20—22.

[2] R. Kobert, l. c. (1903), p. 117—118.

[3] Werner Fischer, Über einige Enzyme wirbelloser Tiere. Therap. Monatshefte, 16. Jahrg. (1902), p. 619—621. — S. Higuchi, l. c. (1909), p. 22—24.

Einer der diesbezüglichen Versuche möge in folgender Tabelle dargestellt werden:

30./X. 1921. Zimmertemperatur · 12° C Mazerationsflussigkeit 5 % Amygdalinlösung in dem angegebenen Antisepticum

Nr.	Antisepticum	Objekt in der Glaskammer (in der gleichen Menge)	Angesetzt um	1. Kontrolle um 11h 45m vorm.	2. Kontrolle von 2h 30m bis 2h 40m nachm.	3. Kontrolle um 3h 25m nachm.[1]	4. Kontrolle um 6h 10m nachm.
1	Übersättigtes Chloroformwasser	*Anthyllis vulneraria* L. (Samen)	10h 05m vorm.	Benzidin †† Ag NO_3 ††	beide †††	beide †††	beide ††††
2	Übersattigtes Toluolwasser		10h 25m vorm.	Benzidin †† Ag NO_3 †	beide †††	beide ††	beide ††††
3	Keines		10h 35m vorm.	Benzidin †† Ag NO_3 Spur	beide †††	beide ††	beide ††††
4	1½ % Natriumfluorid		10h 50m vorm.	Benzidin † Ag NO_3 0	beide ††† ! stärker als Nr. 1—3	beide †††	beide ††††

Nr.	Antisepticum	Objekt in der Glaskammer (in der gleichen Menge)	Angesetzt um	1. Kontrolle um $11^h\,55^m$ vorm.	2. Kontrolle um $3^h\,05^m$ nachm.	3. Kontrolle um $6^h\,50^m$ nachm.	
5	Übersättigtes Chloroformwasser	*Melolontha vulgaris* (Maikäfer). Trockenpulver ohne Chitingerüst	$10^h\,05^m$ vorm.	Benzidin: Spur Ag NO_3 · 0	Benzidin: ††† Ag NO_3: ††	beide ††	
6	Übersättigtes Toluolwasser		$10^h\,25^m$ vorm.	—	Benzidin: ††† Ag NO_3: †	beide †††	
7	Keines		$10^h\,35^m$ vorm.	—	Benzidin: †† Ag NO_3: †	beide †††	
8	$1^1/_2$ % Natriumfluorid		$10^h\,50^m$ vorm.	—	Benzidin: ††† Ag NO_3: †† (mehr wie Nr. 5—7!)	beide †††! mehr wie Nr. 6 und 7	

[1] Bei Versuch Nr. 1 bis 4 wurden nach der 2. Kontrolle ($2^h\,40^m$ nachm.) frische hängende Tropfen exponiert, die dann zur 3. und 4. Kontrolle dienten.

Zeichenerklärung: 0 negative HCN-Reaktion, † bis †††† positive HCN-Reaktion in steigender Intensität.
— nicht geprüft.

Für meine Untersuchungen verwendete ich übersättigtes Toluolwasser-Amygdalin (5 % Amygdalinlösung mit überschüssigem Toluol knapp vor Eintragen in die Glaskammer gut geschüttelt), übersättigtes Chloroformwasser-Amygdalin (5 % Amygdalinlösung mit Chloroform im Überschuß knapp vor Gebrauch geschüttelt), so daß auch ungelöstes, bloß emulgiertes Chloroform (Toluol) in die Glaskammer gelangte und gesättigtes (4 %) Natriumfluorid-Amygdalin. Soweit untersucht, konnte bei keinem der genannten drei Antiseptica eine enzymhemmende Wirkung beobachtet werden, ja bei Natriumfluorid zeigte sich an tierischen Objekten (Maikäfer, Rinderleber) sogar eine gewisse Förderung, die wohl der Salzwirkung zuzuschreiben sein wird (Parallelversuche mit Chloroform und Toluol wurden ohne physiologische Kochsalzlösung geprüft!).

c) Vorteile der mikrochemischen Methode. — Empfindlichkeit. — Schon aus der eben angeführten Tabelle lassen sich die Möglichkeiten erkennen, die die beschriebene Methode bietet. Die Zeitspanne, die das Ferment (Emulsin) unter den gegebenen Bedingungen braucht, um eben in seiner Wirkung einzusetzen, läßt sich genau feststellen (Aktivierungszeit). Ihr Ende tritt dann ein, wenn das empfindlichere Benzidinreagens bereits positiv auf HCN reagiert, während im Silbernitrattropfen noch kein AgCN ausgefallen ist (vgl. in der Tabelle Nr. 4 und 5 bei der 1. Kontrolle!); die Zeit, welche vom Entstehen von HCN in der Mazerationsflüssigkeit bis zur Reaktion derselben im hängenden Tropfen verstreicht, ist hierbei als ein in allen Fällen konstanter Fehler in Rechnung zu stellen. Ein Vergleich der Wirksamkeit von Emulsinen verschiedener Herkunft ist somit ermöglicht. — Die Fällung von Silbercyanid im hängenden $AgNO_3$-Tropfen erlaubt jedoch auch eine quantitative Abschätzung der entstandenen Blausäuremengen; die Intensität der fermentativen Amygdalinspaltung zweier emulsinhaltiger Objekte läßt sich — unter sonst gleichen Bedingungen — daher ebenfalls in relativem Maßstabe vergleichen. Da infolge der Empfindlichkeit der HCN-Reagentien hierzu nur äußerst geringe Substanzmengen erforderlich sind, kann diese Mikroreaktion als orientierende Vorprobe bei Untersuchung der Enzymwirksamkeit und Spaltungsintensität irgendeines Emulsins dienen. Emulsin konnte z. B. in einem dünnen Querschnitt von *Secale cornutum* und in einem zerquetschten Samenkörnchen von *Anthyllis vulneraria* (zirka 2 *mm* im Kubus) auf diese Weise innerhalb weniger Stunden (zwei bis vier) nachgewiesen werden.

d) Resultate bei Anwendung der Reaktion auf Pflanzenobjekte. — Bertrand und Rivkind[1] haben anläßlich einer Untersuchung über das Vorkommen des Vicianins bei den Leguminosen auch der Verbreitung des Emulsins in diesen Samen durch systematische Untersuchungen ihr Augenmerk geschenkt. Sie prüften zirka 40 Gattungen mit 60 Arten und fast alle Samen gaben ein positives Resultat. Nur folgende Arten lieferten keine Reaktion, wurden daher als emulsinfrei (»en quantité appréciable«) bezeichnet: *Cassia fistula* L., *Ceratonia siliqua* L., *Galega officinalis* L., *Lathyrus silvestris* L. var. *améliorée*, *Gleditschia triacanthos* L., *Lupinus albus* L., *Sophora japonica*, *Vicia narbonensis* L.

---

[1] R. Bertrand und L. Rivkind, l. c. (1906), p. 970.

Es schien nun von Interesse, was für Resultate in diesem Falle mit der angegebenen Mikroreaktion zu erzielen wären. Es ergab sich, daß bei sämtlichen Leguminosensamen ohne Ausnahme Emulsin nachgewiesen werden kann. Während bei *Colutea arborescens* L., *Lens esculenta* Mnch., *Vicia sativa* L. (sofern nicht selbst HCN-, respektive vicianinführend), *Lotus corniculatus* L., *Lathyrus sativus* L. und *L. pratensis* L., *Anthyllis vulneraria* L., *Lupinus* sp., *Astragalus glycyphyllos* L. z. B. die Abspaltung von Blausäure aus Amygdalin rasch und reichlich erfolgt, setzt die Emulsinwirkung bei *Cassia*-Arten (*Cassia orientalis* L., *C. Absus* L.), bei *Ceratonia siliqua* L., *Galega officinalis* L., *Lathyrus silvestris* L. var. *platyphyllos*, *L. niger*, *Gleditschia triacanthos* zwar im selben Zeitpunkt ein, hält sich jedoch in engen Grenzen, so daß man beispielsweise bei *Gleditschia*, *Galega* oder *Lathyrus niger* während einer 20stündigen Mazeration mit einem Paar hängender Tropfen auskommt, während *Colutea*-, *Lotus*- oder *Anthyllis*-Samen ein erschöpftes Sublimat nach dem anderen liefern können. — Mit der empfindlichen und durch ihre Anordnung jeden HCN-Verlust ausschließenden mikrochemischen Reaktion zeigt sich demnach bei den Samen der Leguminosen kein qualitativer Unterschied im Emulsinvorkommen,[1] sondern bloß eine Differenz in der Aktivierung und Wirksamkeit dieses Fermentes bei den einzelnen Gattungen und Arten.

Überhaupt ist das Vorkommen von Emulsin in Samen und Früchten etwas beinahe zu Erwartendes. Daß *Ricinus*-, *Sinapis*-, *Brassica*-, *Cannabis*- und *Cucurbita*-Samen Amygdalin spalten, ist schon lange bekannt. Doch auch in Samen von *Vitis vinifera* (schwach), *Galium silvaticum*, *Plantago media* (besonders wirksam!), *Aquilegia vulgaris* (im Gegensatz zu einer Angabe Rosenthaler's[2]), *Citrus medicus* (nur schwach), *Lepidium draba*, *Lepidium ruderale* (schwach) und bei Früchten von *Capsella bursa pastoris* konnte mikrochemisch ein emulsinartiges Ferment festgestellt werden.

Rosenthaler machte schließlich auf das Vorhandensein von Emulsin in Umbelliferenfrüchten aufmerksam: von *Foeniculum vulgare*, *Carum carvi*, *Anethum graveolens*, *Conium maculatum*, *Oenanthe phillandrium*, *Petroselinum sativum* konnte er wirksame Enzympräparate gewinnen, bei *Pimpinella anisum* und *Coriandrum sativum* waren nur die gepulverten Früchte selbst aktiv.

---

[1] Bertrand und Rivkind setzten nicht Amygdalin, sondern Vicianin (aus *Vicia angustifolia* und *V. macrocarpa*; vgl. p. 2) zu; dieser Umstand kann aber nicht als wesentlich beeinflussend angesehen werden.

[2] L. Rosenthaler, Über die Verbreitung emulsinartiger Enzyme. Arch. d. Pharm., Bd. 251 (1913), p. 56—84.

Bei mikrochemischer Nachprüfung reagierten alle diese Drogen rasch und stark positiv auf Emulsin; doch auch andere, wahllos gesammelte Umbelliferenfrüchte, z. B. *Sanicula europea* (!), *Pimpinella magna, Daucus carota, Bupleurum falcatum, Anthriscus silvestris* (!), *Silaus Besseri, Sium latifolium* (!!) zeigten Amygdalinspaltung in stärkerem oder geringerem Maße.

Frische, grüne Pflanzenorgane, gut zerrieben, liefern ebenfalls die Reaktion, wie z. B. *Achillea millefolium* (Blütendroge von Rosenthaler schon erwähnt), *Tropaeolum maius* (in 6 Stunden), *Mimosa pudica* (in $4^1/_2$ Stunden), *Aucuba japonica*, doch war die Spaltung, wie bei gewissen früher erwähnten Leguminosensamen, zwar relativ rasch eingetreten, aber quantitativ gering und selbst bei längerer (24- bis 36stündiger) Fermentation an Intensität und Spaltungsgeschwindigkeit nicht wesentlich zunehmend.

Überblickt man diese Resultate zusammen mit den von Rosenthaler[1] an den verschiedensten Drogen gemachten Erfahrungen, im Verein mit den vielen verstreuten Angaben über mehr zufällig festgestelltes Emulsinvorkommen (vgl. E. Abderhalden, Biochem. Handlexikon, V. Bd., p. 564—568), in Zusammenhalt mit der Tatsache, daß bei keiner der bis jetzt bekannten 400 blausäurehältigen Pflanzen, die sich auf das ganze Pflanzenreich verteilen, Emulsin gefehlt hätte (Grenzfall *Sambucus nigra*), ja häufig in solcher Wirksamkeit und allgemeiner Verteilung in den betreffenden Gewächsen vorhanden ist, daß eine Analyse der intra vitam bestehenden HCN-Verbindung erschwert oder verhindert wird (»lockere« HCN-Bindung), so scheint es keine Übertreibung, wenn man sagt, daß »Emulsin« im Pflanzenreiche eine derart weite Verbreitung besitzt, daß in Hinkunft die Feststellung des eventuellen gänzlichen Fehlens von Emulsin bei einer Pflanzenart von wesentlich größerem Interesse sein wird als weitere positive Angaben.

Jedenfalls ist die von Guignard[2] geäußerte Ansicht, daß der Emulsingehalt der Pflanzen in einem gewissen Zusammenhang mit der heterotrophen Lebensweise steht (Pilze, Flechten, *Lathraea squamaria, Monotropa Hypopitys, Orobanche Galii* und *O. epithymum*, Orchideenwurzeln [*Mykorrhiza*-Pilz]), nach den heutigen Erfahrungen nicht mehr aufrechtzuerhalten. Eher läßt sich an einen Zusammenhang zwischen Emulsin und der Ausrüstung der Pflanzen an Diastase- und Maltasefermenten denken, wofür besonders die Befunde an Samen und Früchten (Leguminosen, Umbelliferen u. a.), sowie die allgemeine Verbreitung sprechen.

Sicherlich wird aber der mikrochemische Emulsinnachweis bei Ermittlung von nur schwach wirksamem Emulsin oder bei

---

[1] L. Rosenthaler, l. c.

[2] L. Guignard, Quelques faits rélatifs à l'histoire de l'émulsine etc. Compt. rend., Bd. 141 (1905/2), p. 637—640.

Feststellung des gänzlichen Fehlens dieses Fermentes in beliebigen Pflanzenteilen gut brauchbar sein, wenn auf völlige Antisepsis entsprechend geachtet wird.

e) Anwendung der Reaktion bei tierischen Objekten. — Durch Kobert und seine Schüler sowie durch eine Reihe französischer Forscher wurde die weite Verbreitung von amygdalinspaltenden Fermenten bei niederen und höheren Tieren bekannt. — Mit gepulverter Maikäfersubstanz (ohne Chitinpanzer) von Maikäfern, die ein Jahr lang lufttrocken aufbewahrt waren[1] und mit zu Brei zerriebener, frischer Rinderleber[2] gelang der mikrochemische Nachweis von Emulsin auch ohne Anwendung von 0·9 $^0/_0$ Kochsalzlösung und erhöhter Temperatur in eindeutiger und rascher Weise (Maikäfer in 2 Stunden, Rinderleber in 12 bis 19 Stunden). Alle drei angewendeten Antiseptica erwiesen sich hierbei als brauchbar (vgl. Tabelle, p. 45, Nr. 5 bis 8).

Menschliche Plazenta läßt sich jedoch nicht so einfach behandeln, worauf schon Higuchi[3] hinwies. Nach mehrfachen vergeblichen Versuchen reagierte aber eine nur wenige Stunden alte Plazenta, in physiologischer Kochsalzlösung feinst zerrieben mit Amygdalin-Chloroformwasser innerhalb von 12 Stunden deutlich positiv. Bei Verwendung der beiden anderen Antiseptica konnte auch unter diesen Umständen das Emulsin nicht nachgewiesen werden.

Die Untersuchungen in dieser Richtung wurden jedoch — als zu weit führend — nur auf das Prinzipielle beschränkt. Immerhin läßt sich sagen, daß die angegebenen Mikroreaktionen bei der Ermittlung, welche Teile, respektive Organe bei den wirbellosen, meist kleinen Tieren das in Rede stehende Ferment enthalten, beziehungsweise bilden — einer Frage, die bisher aus technischen Gründen offenbleiben mußte — gute Dienste leisten könnte.

2. Lokalisierter mikrochemischer Nachweis von Emulsin.

Mit Recht weisen Molisch sowie Tunmann[4] auf die Unzulänglichkeit des bisher geübten lokalen mikrochemischen Nachweises von Emulsin hin. Die Gründe hierfür sollen an dieser Stelle nicht neuerdings angeführt werden.

Auch die eben besprochene Methode des eindeutigen qualitativen Emulsinnachweises ist zur Lokalisationsermittlung im Gewebe nicht anwendbar (vgl. die Ausführungen p. 38—39), selbst nicht bei Pflanzen, die ein durch Emulsin spaltbares Blausäureglukosid bereits enthalten.

---

[1] Werner Fischer, l. c. (1902) untersuchte nur frisch getötete Maikäfer, die stark Amygdalin spalteten; derselbe Autor konnte jedoch selbst in 150 Jahre alten Kellerasseln noch wirksame Fermente nachweisen!

[2] Vgl. M. Gonnermann, l. c. (1906), p. 183.

[3] S. Higuchi, l. c. (1909).

[4] O. Tunmann, Pflanzenmikrochemie, 1913, p. 431—433.

Bei dem so allgemeinen Vorkommen amygdalinspaltender Fermente hat aber auch die Frage nach ihrer Lokalisation einigermaßen an Bedeutung verloren. In der Mehrzahl der Fälle wird wohl das wirksame Emulsin dem fermentativen Apparat jeder einzelnen Zelle angehören und der früher fast ausschließlich studierte Rosaceentypus dürfte nur einen der möglichen Spezialfälle darstellen. — Bereits früher wurde die Ansicht vertreten, daß in allen jenen zahlreichen Pflanzen, wo eine stabile Blausäureverbindung (Glukosid) nicht faßbar ist, eine — im Leben getrennt gehaltene — Koexistenz von Emulsin und HCN-Glukosid in denselben Gewebszellen angenommen werden kann. An eine gewisse Lokalisation des Emulsins im Gewebe könnte nur bei jenen Pflanzen gedacht werden, aus denen Blausäureglukoside leicht zu gewinnen sind (Mandeltypus — schon kaum mehr *Prunus laurocerasus* [vgl. die Ergebnisse Peche's]), wenn auch in vielen Fällen (z. B. *Sambucus nigra*) bloß die geringe Aktivität und Wirksamkeit des spaltenden Fermentes dafür verantwortlich zu machen sein wird.

In einem Falle, bei *Prunus amygdalus* L. var. *amara* und einigen anderen Rosaceensamen (Apfel, Quitte) gelang ein gewissermaßen lokalisierter Nachweis der emulsinhaltigen Zellen mittels des Benzidin-Kupferacetatreagens.

Auf einen Tropfen des durch die Gegenwart einer fast gesättigten Benzidinacetatlösung stark viskosen Benzidinreagens wird ein ziemlich großer, nicht zu dünner Querschnitt einer bitteren Mandel möglichst zart aufgelegt, hierauf der Objektträger mit dem am Tropfen hängenden Schnitt über eine Glaskammer, die einen Tropfen Chloroform enthält, gestülpt. In kurzer Zeit läßt sich im hängenden Schnitt das Ausfallen blauer Flocken der Benzidinoxydationsverbindung, hervorgerufen durch die einsetzende HCN-Abspaltung, feststellen, und zwar in günstigen Fällen knapp um die Leitbündelquerschnitte beginnend (Perizykelzellen) und von hier aus konzentrisch in das amygdalinführende Parenchym fortschreitend, entsprechend der allmählichen Diffusion des Emulsins im viskosen Medium. Die Ansichten von Johannsen[1] und Guignard[2] über die Lokalisation des Emulsins in der bitteren Mandel können daher durch diese spezifische Emulsin- (respektive HCN-)Reaktion bestätigt werden.

Die Anwendbarkeit der Reaktion, deren richtiges Gelingen hauptsächlich vom Treffen physikalischer Nebenumstände abhängt, ist jedoch eine geringe. Sie wurde auch mit Querschnitten von Apfel- und Quittensamen mit ähnlichem Erfolge durchgeführt, doch schon bei *Prunus Laurocerasus* versagt sie völlig, da das für den Reaktionsverlauf so nötige Kupfersalz anscheinend durch den reichlich vorhandenen Gerbstoff abgefangen wird. Eine allgemein anwendbare Methode liegt demnach infolge der Empfindlichkeit des Benzidin-Kupferacetatreagens gegen verschiedene Pflanzenstoffe nicht vor; wegen der manchmal schönen Bilder, die an Schnitten von bitterer Mandel zu erzielen sind, sollte sie trotzdem erwähnt werden.

E. Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Abgesehen von den chemisch bisher analysierten Blausäureverbindungen (HCN-Glukoside) im Pflanzenreiche, die übersichtsweise in der Einleitung zusammengestellt wurden, ist besonders

---

[1] W. Johannsen, Sur la localisation de l'émulsine dans les amandes. Ann. des sciences nat. Bot., sér. VII, t. 6, p. 118.

[2] L. Guignard, Sur la localisation dans les plantes des principes, qui fournissent l'acid cyanhydrique. Compt. rend. 1890, Bd. 110, p. 477.

in der botanischen Literatur mehrfach eine »labile« oder »lockere« (quasi-freie) Blausäurebindung angenommen worden.

An Hand der betreffenden Arbeiten wurde gezeigt, daß das Auftreten dieser »lockeren Blausäurebindung« bei verfeinerter Methodik quantitativ immer geringer wird, aber nicht völlig zu vermeiden ist, und daß sich dieses Vorkommen in ungezwungener Weise durch die Annahme einer in der lebenden Zelle noch auseinandergehaltenen räumlichen Koexistenz von Blausäureglukosid und stark wirksamem Enzym (Emulsin) erklären läßt.

2. In der allgemeinen (technischen) Mikrochemie waren bisher zum Nachweis von HCN nur die Berlinerblauprobe, eventuell die Rhodanprobe direkt im Lösungstropfen angewendet. — Es wurden zwei weitere einfache mikrochemische Reaktionen auf Blausäure angegeben, mit 1 $^0/_0$ Silbernitrat, beziehungsweise mit Benzidin-Kupferacetat, die unter Benützung des niederen Siedepunktes von HCN (26° C.) in der Glaskammer mit den Reagentien im hängenden Tropfen bei Zimmertemperatur ausgeführt werden und trotzdem empfindlicher sind als die erwähnte Berlinerblauprobe.

3. Bei der Reaktion mit 1 $^0/_0$ Silbernitrat entsteht bei dieser Reaktionsanordnung krystallisiertes Silbercyanid (Nadeln, Ranken, Drusen), das sich eindeutig von Silberchlorid und Silberrhodanid auf mehrfache Weise unterscheiden läßt, am einfachsten durch Umkrystallisieren des Silbercyanids mit fast kochender 50 $^0/_0$-HNO_3 unter Deckglas in feine Nadeln und Nadelbüscheln.

Die Empfindlichkeit der Reaktion beträgt 0·06 γ HCN in einem Tropfen.

Wie die Silberchloridkrystalle erweisen sich auch die Cyansilber-(und Rhodansilber-)Krystalle als »echt« färbbar mit verschiedenen organischen Farbstoffen. Aus rein praktischen Gründen wurde daher stets 1 $^0/_0$ $AgNO_3$+Methylenblau als Reagens im hängenden Tropfen verwendet, um blau gefärbte AgCN-Krystalle zu erzielen.

4. Das Benzidin-Kupferacetatreagens (nach Pertusi) zeigt eine noch größere Empfindlichkeit (0·02 γ HCN), wurde jedoch, da nicht völlig eindeutig, nur zugleich mit $AgNO_3$ angewendet. Die chemische Natur der erzielten blauen Benzidinoxydationsverbindung (blaue Nadeln oder Körnchen) ist analog dem bekannten »Benzidinchromat« und »Benzidinferricyanid«.

5. Mittels beider Proben läßt sich in geringsten Mengen von (Wiener) Leuchtgas und im Tabakrauch (sogar noch in einem ausgeblasenen Zuge) Cyanwasserstoff eindeutig nachweisen. Die Reinheit der Luft ist demnach für die einwandfreie Ausführung dieser Reaktionen unerläßlich.

6. Zum rein qualitativen Nachweis von HCN in Pflanzenteilen (etwa vergleichbar der Mikrosublimationsmethodik) eignen

sich beide mikrochemischen Proben besonders dadurch, daß die stets erst durch Fermentation entstehende HCN sich summieren kann.

Die Fermentationszeit in der Glaskammer wurde sicherheitshalber stets auf 10 Stunden erstreckt, immer jedoch die HCN-Abspaltung durch Zusatz von etwas Chloroform beschleunigt und zugleich das Ganze steril erhalten.

7. An drei ausgearbeiteten Beispielen (*Ribes*, *Crataegus*, Araceen) wurde die Anwendbarkeit der mikrochemischen Methode speziell dargetan.

Es wurden dabei 12 *Ribes*-Arten, 5 *Crataegus*-Arten, 14 Araceen und 10 Arten aus verschiedenen Pflanzenfamilien, also im ganzen 41 neue Blausäurepflanzen gefunden und die quantitative Abnahme der in den jungen Organen dieser Pflanzen reichlich auftretenden Blausäureverbindung im Laufe einer Vegetationsperiode stichprobenweise verfolgt.

8. Der lokalisierte Nachweis von HCN im Gewebe bietet große methodische Schwierigkeiten, gelingt deshalb bei der Mehrzahl der Pflanzen nicht; in besonders günstigen Fällen jedoch sind die bekannten Reaktionen von Treub (Berlinerblau-Bürstenverfahren) und Peche (Mercuronitrat) anwendbar.

9. Der Versuch des direkten mikrochemischen Nachweises eines HCN-Glukosides (Amygdalin) führte zu keinem brauchbaren Ergebnisse.

10. Auch zum eindeutigen, qualitativen mikrochemischen Nachweis von Emulsin — im Sinne eines Gruppenbegriffes aufgefaßt — lassen sich die beiden Blausäurereaktionen mit Silbernitrat und Benzidin heranziehen.

Die fein zerriebene, respektive gepulverte Substanz (oder Schnitte) wird in einer Mikroglaskammer mit fixem Boden mit 5 $^0/_0$ Amygdalinlösung, die zudem ein Antiseptikum (Toluolwasser, Chloroformwasser, 2 bis 4 $^0/_0$ Natriumfluorid) enthält, angerührt und höchstens 24 Stunden der Fermentation bei Zimmertemperatur überlassen.

In $1^1/_2$ bis 8 Stunden ist bereits abgespaltene HCN in den hängenden Tropfen bei Anwesenheit von Emulsin nachweisbar.

11. Dieser mikrochemische Emulsinnachweis bietet — abgesehen von seiner Empfindlichkeit — den Vorteil, die Wirksamkeit zweier Emulsine, sowie die Intensität der eingetretenen Amygdalinspaltung ohne Störung der Reaktion in einem relativen Maßstabe vergleichen zu können.

12. In Anwendung der Probe auf pflanzliche Objekte bestätigte sich die ungemein weite Verbreitung des Fermentes, selbst bei bisher (makrochemisch) als emulsinfrei angegebenen Arten.

Auch bei tierischen Objekten (Maikäfer, Rinderleber) gelang die mikrochemische Reaktion; sie könnte zur Ermittlung, in welchen

Organen das amygdalinspaltende Ferment bei den wirbellosen, meist kleinen Tieren enthalten ist, mit Vorteil angewendet werden.

13. Ein lokalisierter spezifischer Nachweis des Emulsins im Gewebe gelingt in allgemeiner Weise nicht.

Bei der Mehrzahl der Pflanzen dürfte jedoch das Emulsin der Fermentausrüstung jeder einzelnen Zelle angehören und der Rosaceentypus (mit spezifischen Emulsinzellen) nur einen Spezialfall darstellen.

14. Die Anschauungen Johannsen's und Guignard's über die Lokalisation des Emulsins in der bitteren Mandel und in Samen verwandter Pflanzen konnte durch eine bei diesen Objekten gelingende spezifische Emulsinreaktion bestätigt werden.

Am Schlusse möchte ich noch Herrn Hofrat Prof. Dr. H. Molisch, meinem hochverehrten Lehrer, für die Anregung zur Bearbeitung dieses Themas, sowie für das stete Interesse, das er meinen diesbezüglichen, einjährigen Untersuchungen entgegengebracht hat, von Herzen danken. Auch Herrn Assistenten Dr. G. Klein danke ich bestens für seine Unterstützung, Herrn Assistenten Josef Kisser vielmals für die Anfertigung der Textfigur.

Ergebnisse der Expedition Dr. Handel-Mazzetti's nach China 1914—1918, unternommen auf Kosten der Akademie der Wissenschaften in Wien

Die in Guidschou („Kweitschou") und Hunan gesammelten Gesteine

Von

Dr. Heinrich Handel-Mazzetti und Alexander Köhler

(Mit 2 Textfiguren und 1 Kartenskizze)

(Vorgelegt in der Sitzung am 24. November 1921)

I. Erläuterungen zur Kartenskizze.

Von **Dr. Heinrich Handel-Mazzetti.**

Aut meinen Reisen in China habe ich als Nichtfachmann keineswegs daran gedacht, geologische Aufnahmen zu machen. Die Unterlage für die vorliegende Arbeit entstand vielmehr durch das Bedürfnis, einerseits die Substrate der gesammelten Pflanzen kennen zu lernen, andrerseits die von mir kartographierten Geländeformen doch wenigstens bis zu einem gewissen Grade auch zu verstehen. Obwohl ich keineswegs sicher bin, daß ich die einmal gesammelten Gesteine immer richtig wiedererkannt und notiert habe und daß ich als Fallen nicht manchmal ganz nebensächliche Flexuren verzeichnete, folge ich doch der Aufforderung des Herrn Hofrates Becke, meine Beobachtungen in Form einer Kartenskizze zu veröffentlichen. Daß über die Geologie von Hunan — mit Ausnahme der Strecke des Hsiang-djiang — bisher gar nichts veröffentlicht ist, über Guidschou die Arbeit Leclère's[1] nur eine schematisierte Übersichtskarte in ganz kleinem Maßstabe bringt, wird die Veröffentlichung einer Grundlage, die vieler Kritik bedarf, aber damit Anregung zu weiterer Beobachtung gibt, berechtigt erscheinen lassen, wenn sie auch in keiner Weise auf Genauigkeit Anspruch macht. Das Fallen ist vielmehr stets nur geschätzt, das Streichen meist im Verhältnis zur aufgenommenen Wegrichtung dargestellt, seltener direkt gepeilt.

---

[1] Annales des mines, 9. Série, mémoires, tome XX. Paris 1901. Mehrere Gesteinsproben aus diesen Gebieten haben Michel-Lévy und A. Lacroix beschrieben: Note sur les roches cristallines et eruptives de la Chine meridionale. C. R. Acad. sci. 29. février 1901.

Wenn ich meine Notizen aus Guidschou mit der Darstellung Leclère's, dessen Reiseweg sich zum größten Teile mit meinem deckt, in Einklang zu bringen suche, so gelingt dies nicht vollständig. In der Richtung meiner Reise von W nach E möchte ich nun die Gegensätze erläutern. Ob Leclère schon westlich von Sidsung von seinem südlicheren auf meinen Weg traf und der von ihm verzeichnete Porphyritstock mit dem von mir notierten SE einfallenden Sandstein,[1] der viel Kohle führt, zu tun hat, wird mir nicht klar. Die Stelle, wo ich Carbonfossilien fand (1), hat er nicht passiert. Die Schicht liegt im Fußteil eines der zahllosen Kegelberge, die schon öfter beschrieben wurden. Leclère[2] spricht diese in der Gegend von Hsingyi und bis zum Hwadjiao-ho für permotriassisch, anderswo, besonders auch in der Gegend von Loping, als mesozoisch an. Diese Kegelberge haben alle so vollständig gleichen Charakter, daß mir der aus anderen Gründen ausgesprochene Zweifel F. v. Richthofens (China, III, p. 163) daran, daß sie teilweise zur Liasformation gehören sollen, sehr begründet erscheint. Dazu kommt, daß, wie sich in der kahlgeschlagenen Landschaft klar sehen läßt, die Kette des Beling-schan, nach Leclère mittlere Trias, ganz richtig unter der von den Kegelbergen überlagerten Beckenausfüllung auftaucht, nach Deprat[3] aber das ganze östliche Yünnan aus paläozoischen Sedimenten aufgebaut ist, also auch der Beling-schan älter sein muß. Den Antiklinalrücken zwischen Tjiaolou und Hsintscheng notierte ich als Sandstein; der Zufall wollte es, daß die mitgenommene Probe (2) Hornstein war. Die Formen sind ganz andere als im Kalkgebirge, die Farbe rotbraun. Den, von ferne gesehen, aus einer Folge verschiedener, sanft südlich einfallender Schichten, unter denen Kalkstein sicher keine große Rolle spielt, bestehenden Lung-schan, der unseren Rücken jenseits eines seichten Flußtales anscheinend fortsetzt, erwähnt Leclère gar nicht, obwohl er ihn, vielleicht allerdings in einer tiefen Furche, überschritten haben muß. Die Kalke der Gegend von Nganschun schienen mir von den bisher gesehenen verschieden; ihre Farbe ist dunkler, ähnlich dem Quarzit Nr. 4, und die Formen sind massigere. Da das Land hoch liegt und wenig gestört ist, sind vielleicht diese als mesozoisch anzusprechen. Wenn man meine Fallzeichen betrachtet, so erkennt man, daß in Guidschou ein durchaus nicht so ungestört gelagertes Tafelland vorliegt, wie die bisherigen Darstellungen vermuten ließen. Das bei Lungli ausgeschiedene sandige Sediment halte ich für identisch mit einem in W-Yünnan bei Pintschwan gesammelten; der Beleg von dort ist leider noch ausständig und konnte daher nicht bestimmt werden. Auf dem Gebirge südöstlich von Guiding (»Kweiting«), welches ich auf demselben Wege überschritt, wie Leclère und vorher Bourne, habe ich den unter Nr. 4 beschriebenen Quarzit gesammelt. Im Gegensatze zu jenen Forschern, die beide Kalkstein angeben, bin ich sicher, daß der Quarzit dort eine große Verbreitung hat, deshalb, weil ich keinen Kalk notierte, sondern dasselbe Gestein bis Lopusse, im Osten von einzelnen Kalkbändern durchzogen, und die Bergformen ganz andere sind als im Kalkgebirge, nämlich zusammenhängende, nirgends in Kegel zerschnittene Rücken, die Flanken freilich auch steil, von Gräben zerfurcht, aber nirgends scharfkantig oder mit Karrenbildung. Leclère schreibt von bis zu 600 *m* mächtigem Quarzit der sinischen Formation in Kwanghsi. Die Verbreitung und Mächtigkeit spricht also nicht gegen die Identifizierung des Gesteins der ganzen Strecke mit dem gesammelten. Das Alter freilich wird ein anderes sein, mesozoisch, wie jener das ganze östliche Guidschou nennt, aber wohl nicht. Flußabwärts von Sandjio gelangte ich nicht 100 *m* über den Fluß, da ich von Sandjiang weiter im Boote reiste, er aber bis 500 *m*, und dies mag den Widerspruch aufheben, der darin zu liegen scheint, daß er kalkige und schieferige Horizonte des Productuskalkes geschnitten gefunden hat, mir aber die Grauwacke, soweit die nahezu tropische Pflanzendecke Einblicke zuließ, unverändert durchzuziehen schien. Die Konglomerate bei Gudschou, offenbar ähnlich wie F. v. Richthofen solche »mit wollsackähnlichen Formen« oberhalb Hsiangtan in Hunan beschreibt, erwähnt jener Autor nicht, sein Phthanit könnte wohl mit meinen Mergeln dort identisch sein. In Gudschou trennt sich mein Reiseweg von jenem Leclère's. Zwischen den Tonschiefern fand ich nur bei Liping und gegen Dsingdschou Kalk, der Karrenbildung zeigt und mit jenem von Nganschun identisch zu sein scheint.

---

[1] Ich habe zu dieser Bezeichnung in meinen Notizen nicht mehr viel Vertrauen, vielleicht weniger, als tatsächlich berechtigt ist.

[2] Sein auf Taf. 14, fig. 4, als von östlich Loping stammend wiedergegebenes Bild ist nicht von dort, sondern über dem Hwadjiao-ho gegen Taipinggai; ich machte dieselbe Aufnahme aus größerer Ferne. Auch zeigt Taf. XVI mit dem See von Tangdse nicht die Ebene von Yiliang, die 12 *km* entfernt und 200 *m* tiefer liegt.

[3] Deprat et Mansuy. Étude géologique du Yunnan oriental, I.

Die große Verbreitung der Tonschiefer gegen E ist auch den deutschen Bergleuten in Tschangscha und Hsikwangschan bekannt, welche die Provinz zu Minenuntersuchungen vielfach bereist haben, und erstreckt sich noch weit nach NE. Während v. Richthofen auf seiner Reise durch Hunan erst von einem einzigen Bergwerk bei Hsinning gehört hatte, ist heute Hunan, wenigstens was Abbau betrifft, die erzreichste Provinz Chinas. Das wertvollste Erz ist Wolfram, der aus dem Süden kommt; in größter Menge aber wird Antimon produziert, besonders in Hsikwangschan. Das dortige, von den Bergleuten als Trümergang bezeichnete, 1907 entdeckte Vorkommen liegt zwischen Kalkschichten ohne jedes Tiefengestein und kommt auf einer gegen 2 *km* langen Strecke an den Tag, während der Gang von Tjilidjiang jenseits eines Rückens weitere 2 *km* im S offenbar die direkte Fortsetzung davon ist.

Hsikwangschan zählt zirka 40 Schmelzwerke und soll zur Zeit der Hochkonjunktur während des Krieges gegen 100.000 Einwohner gehabt haben. Wie bereits angedeutet, ist heute die Kenntnis der Provinz Hunan weit vorgeschritten und wäre nur zu wünschen, daß von einem der guten Kenner — lieber einem, der es stillschweigend ist, als einem, der sich dazu berufen fühlt, ohne es zu sein — auch etwas wissenschaftlich Verwertbares darüber veröffentlicht wird. Die topographische Unterlage ist hier meine eigene Aufnahme, die im Detail in absehbarer Zeit veröffentlicht werden wird. Zu den eingetragenen Gesteinen habe ich noch zu bemerken, daß auf das Vorkommen von Granit auf dem Gebirge SE von Hsinning aus den am Fuße liegenden Blöcken geschlossen wurde, auf jenes zwischen Daloping und Tschangscha aus dem Aussehen der riesigen runden Blöcke an den beiderseitigen Berghängen abseits vom Wege. In der dortigen Gegend, am Flusse unter Daloping, gibt es auch (in der Karte nicht eingetragene) rotbraune Tuffe vielleicht vulkanischer Natur. In dem Granitstock zwischen Ludu und Hsinhwa kommt das Gestein (13) auch äußerst weich, zu Sand zerbröckelnd, vor. Der Laterit, genau wie ihn v. Richthofen aus der Gegend zwischen Tschangscha und Yodschou beschreibt, liegt wohl meist über seinem »Decksandstein«; da ich dies aber nicht konstatieren konnte, habe ich jene jüngste Bildung selbst eingetragen. v. Richthofen, der die Strecke Höngdschou—Tschangscha wie ich auf dem Flusse zurücklegte, hat keinen Granit gesehen, sagt aber, daß der Höng-schan solcher sein soll. Ich habe unweit der so benannten Stadt am Flußufer »Gneis« anstehend notiert, wohl ohne die Schieferung deutlich gesehen zu haben.

II. Beschreibung der Gesteine.

Von Alexander Köhler.

Dr. Handel-Mazzetti hat in seiner Kartenskizze die Fundpunkte von Westen nach Osten mit fortlaufenden Zahlen bezeichnet. Die Beschreibung wird dieselbe Reihenfolge einhalten. Der westliche Teil der Karte greift bereits in die Provinz Yünnan über. Von dieser Wegstrecke wurde kein Material mitgebracht. Es soll hier erwähnt werden, daß von Dr. Handel-Mazzetti auch in den von ihm durchreisten Provinzen Yünnan und Sz'tschwan eine stattliche Anzahl von Gesteinsproben gesammelt wurde, die aber erst zum Teil in Wien eingetroffen sind. Sie werden nach dem Eintreffen des gesamten Materials beschrieben werden.

Nr. 1 (Ahung zwischen Hwangtsaoba und Hsintscheng) ist ein dunkler, knolliger Kalkstein mit Fossilien, die Herr Prof.

C. **Diener** als Conocardium (Carbon) zu bestimmen die Freundlichkeit hatte.

Nr. 2 (**Bergrücken zwischen Hsintscheng und Tjiaolou**) ist ein grauviolettes, makroskopisch vollkommen dichtes hornsteinartiges Gestein. Unter dem Mikroskop zeigt der Schliff ein äußerst feines granoblastisches Quarzgewebe. Einzelne undeutliche stengelige Gebilde möchte ich für Spongienreste ansehen. Feinverteilte tonige Substanz und Schlieren von Limonit trüben das mikroskopische Bild. Die Frage, wie sich dieses Gestein zu dem von Dr. **Handel-Mazzetti** ausgeschiedenen Quarzit verhält, muß hier offen bleiben.

Nr. 3 (**Flußschlucht an der Brücke Baling-tjiao sw. von Dschenning**) ist ein dunkelgrauer Krinoidenkalk. .Kleine, klastische Körner von Quarz sind häufig, desgleichen kohlige Partikel. Tonige und limonitische Verunreinigungen sind nur spärlich vorhanden.

Nr. 4 (**vom Gebirge se. Guiding**) ist ein typischer **Quarzit**. Die Quarzkörner löschen wenig undulös aus und begrenzen einander in buchtigen, oft zahnigen Formen. Feine Streifen von winzigen Flüssigkeitseinschlüssen durchziehen die meisten Körner und sind stets mit der Richtung von ω des Quarzes in ungefährer Übereinstimmung (Böhm'sche Streifung). Als accessorische Gemengteile kommen vor: Turmalin in kleinen Säulchen, am neg. Char. der Hauptzone und an dem Pleochroismus nach dem Schema $\omega > \varepsilon$ leicht zu erkennen. Zirkon tritt in kleinen Säulchen auf. Titanit, ohne krystallographische Umgrenzung, unterscheidet sich vom Zirkon durch die hohe Doppelbrechung; seine Verbreitung ist gering. Ganz untergeordnet findet sich Albit (mit α' und γ' unter n des Kanadabalsams) und Hämatit in feinsten Schüppchen.

Nr. 5 (**von Sandjio**) ist eine **Grauwacke**, ein bläulichgraues Gestein, feinkörnig mit einzelnen größeren (bis $^1/_2$ *cm*) Quarzbruchstücken, die sich wie Einsprenglinge in der Grundmasse ausnehmen. Von den zahlreichen kleinen klastischen Körnern sind manche undulös auslöschend, manche zeigen Spuren starken Druckes, so daß sie randlich, mitunter auch ganz in ein granoblastisches Gewebe aufgelöst wurden. Die Form ist eckig bis gerundet, je nach der Länge des Transports bis zur Sedimentation. Von beträchtlich geringer Verbreitung finden sich Feldspate, Orthoklas, Mikroklin und ein dem Albit nahestehender Plagioklas. Ein Korn eines Eruptivgesteins zeigt Quarz und Feldspat (Schachbrettalbite), beide krystallographische Begrenzung zeigend, in einer feinkörnigen Grundmasse, die früher vielleicht glasig war. Weitere Gemengteile dieser Grauwacke sind ferner Calcit, der in unregelmäßig begrenzten Körnern auftritt und pseudomorph zu sein scheint. Ganz spärlich sind Reste von Pyroxen. Das unauflösbar feine Grundgewebe scheint hauptsächlich aus Serizit zu bestehen. Chlorit als Zersetzungsprodukt ist selten.

Nr. 6 (zwischen Gudschou und Liping) ist ein grünlichgraues Handstück eines Tonschiefers, makroskopisch vollkommen dicht, keine Schichtung oder Schieferung zeigend. Unter dem Mikroskop zeigen sich klastische Quarzkörner von der durchschnittlichen Größe 0·02 *mm*. Auch Feldspatkörner, in einigen Fällen Lamellen nach dem Albitgesetz erkennen lassend, finden sich vor. In der nicht aufzulösenden Grundmasse liegen sehr kleine Sericitschüppchen, die ohne eine regelmäßige Anordnung das ganze Gestein durchziehen, desgleichen winzige Tonschiefernädelchen in großer Menge. Einzelne Muskowitschuppen, zum Teil mit Pennin vergesellschaftet, scheinen Pseudomorphosen nach klastischen, größeren Gemengteilen zu sein. Chlorit als Zersetzungsprodukt ist recht verbreitet und verleiht dem Gestein seine grünliche Farbe.

Nr. 7 (Grenzgebiet Guidschou-Hunan, zwischen Liping und Dsingdschou) ist ein dem vorigen Gestein ähnliches Sediment, ein umkrystallisierter Tonsandstein, das sich nur durch die größeren Dimensionen der Gemengteile unterscheidet; schon makroskopisch sieht man Quarzkörner bis 2 *mm* Größe, unter dem Mikroskop zeigen sie gerundet-eckige Form. Einzelne Körner sind randlich, wo der Druck am stärksten wirkte, andere zur Gänze in ein granoblastisches Aggregat umgewandelt. An der Albitlamellierung verraten sich die Albite, und mehrere größere, klastische Körner erweisen sich als Schachbrettalbit, der durch seine kurzen Lamellen leicht erkennbar ist.

Merkwürdig sind jene rundlichen oder ovalen Gebilde, die aus alternierenden Muskowit- und Penninschuppen bestehen. Wie schon oben bemerkt, liegen hier jedenfalls Pseudomorphosen vor. Nirgends sind Reste des früheren Minerals vorhanden, die Aufschluß über die Genese dieser sonderbaren Gebilde geben könnten. Sericit, Chlorit und Rutilnädelchen bilden auch hier gewissermaßen das Grundgewebe, in dem die größeren klastischen Körner eingebettet sind.

Nr. 8 (Beckenrand von Wukang) ist ein dunkler Krinoidenkalk.

Nr. 9 (vom Yün-schan bei Wukang) ist ein Tonschiefer mit schöner Bänderung. Das Handstück ist von grünlichgrauer Farbe, wenig geschiefert und außerordentlich feinkörnig. Es zeigt typische Warvenschichtung.[1] Gröberes Material geht allmählich in allerfeinstes über, bis eine scharfe Grenze dieses wieder vom gröberen trennt (siehe die schematische Figur[1]). Die Ursachen solcher Warvenschichtung sind bei den glacialen Bändertonen klimatische gewesen. Dies wird wohl auch bei dem vorliegenden Tonschiefer der Fall sein. Zu beachten ist ferner, daß einzelne Schichten vollkommen eben sind, andere flach gewellt; es muß sich hier um eine Art Ripplemarks handeln. Die Mächtigkeit der einzelnen Schichten ist eine sehr verschiedene, sie schwankt von einigen Zentimetern bis zu äußerst geringen Dimensionen.

---

[1] Der Name kommt von dem schwedischen Worte »varv«, das einen Kreis oder eine periodische Wiederkehr von Schichten bedeutet. G. de Geer hat diese Bezeichnung für die glacialen »Bändertone« Skandinaviens gebraucht und in die Literatur eingeführt.

Mineralzusammensetzung: In den gröberen Partien finden sich rundlich eckige Körner von Quarz und einzelnen Feldspaten. Hier häufen sich auch Calcite mit lappenförmigen Umrissen, Größe bis 0·05 *mm*. Ein Chlorit, dem Klinochlor nahestehend, ist im ganzen Gestein verbreitet. Doppelbrechung sehr gering, anomale, lederbraune Interferenzfarben kennzeichnen ihn als solchen. Ziemlich häufig sieht man wie bei Nr. 6 und 7 rundliche Gebilde, die aus Pennin und Muskowit bestehen. Ungemein zahlreiche Rutilnädelchen, deren Länge, mit Schraubenmikrometerokular gemessen 9 μ, Breite 1·6 μ im Durchschnitt, durchsetzen gleichförmig das Gestein, unbekümmert um die Schichtung. Das Gleiche tun feinste Sericitschuppen, die in wirrem Durcheinander das ganze Gestein durchziehen. Chlorit ist in sehr kleinen Schüppchen als sekundäres Mineral überall verbreitet. Als seltener accessorischer Gemengteil kommt Turmalin in kleinen Säulchen vor.

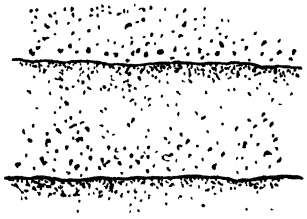


Fig. 1.

Von diesem Tonschiefer liegt eine von Herrn Wieczorek in Tschangscha ausgeführte unvollständige Analyse vor:

SiO_2	55·79%
CaO	4·91%
FeO......	7·21%
Al_2O_3	22·98%
Summe:	90·89%

Nr. 10 (von Yün-schan bei Wukang, Gipfelregion 1400 *m*). Dieses Gestein ist ein Tonsandstein, der zufolge seiner deutlichen Schieferung und Umkrystallisation des tonigen Bindemittels eine erste Übergangsstufe zu einem sericitischen Quarzphyllit darstellt. Die Gemengteile sind: Quarz in meist deutlicher Linsenform; oft sind die Ränder durch Umkrystallisation granoblastisch geworden, bei manchen ist die Umkrystallisation vollständig vollzogen. Mikroklin- und Plagioklaskörner, gleichfalls zu Linsen zusammengepreßt, sind nicht selten. Das Bindemittel ist vollkommen zu Sericit umkrystallisiert, welcher den Schieferungsflächen parallel liegt. Größe der Gemengteile bis $^{3}/_{4}$ *mm*. Als seltene Gemengteile treten Muskowit und Chlorit auf. Turmalin und Zirkon sind selten.

Nr. 11 (Osthang des Yün-schan bei Wukang) ist ein grauvioletter Quarzit. Nach Dr. Handel-Mazzetti liegt folgendes Profil vor:

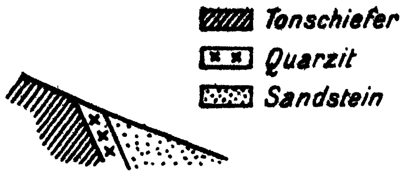


Fig. 2.

Nr. 12 (südw. Hunan nächst Yungdschou) ist ein dunkler Kalk mit Krinoidenstielgliedern und einem Trilobiten, den gleichfalls Herr Prof. C. Diener als Phillipsia (Carbon) bestimmte.

Nr. 13 (von Schilisan zwischen Hsinhwa und Wukang) ist ein stark zersetzter Granitit von mittlerer Korngröße.

Charakteristik der Gemengteile: Quarz tritt in unregelmäßig begrenzten Körnern auf oder füllt die Lücken zwischen den übrigen Gemengteilen. Oft zeigt sich eine Andeutung von pegmatitischer Verwachsung mit Feldspat. An Feldspaten treten Orthoklas und Plagioklas auf. Ersterer ist stets stark durch Zersetzungsprodukte getrübt, wie Kaolin, Muskowit und Zoisit. Vielfach durchziehen Albitschnüre den Orthoklas. Einzelne Körner zeigen deutlich Mikroklingitterung. Wo Orthoklas und Plagioklas aneinandergrenzen, kommt es sehr häufig zur Myrmekitbildung. Die Umrisse dieser wurmförmigen Gebilde sind wegen der weitgehenden Zersetzung selten deutlich. Immerhin erkennt man die divergentstrahlige Anordnung der Quarzstengel gegen den Orthoklas zu und eine Abnahme der Quarzmenge gegen den konvexen Rand. Der Unterschied in der Zusammensetzung des Plagioklasgrundes dürfte nicht groß sein, der Brechungsexponent des Quarzes liegt stets über dem des Plagioklases, es wird also der Rand dem reinen Albit sehr nahe stehen. Der Plagioklasgrund zeigt bisweilen deutliche Albitlamellierung, die jedenfalls eine Folge von Druck auf das Gestein ist. Die Quarzstengel an den Grenzen der Lamellen erscheinen dann geknickt. Die Feldspate übertreffen an Menge weitaus den Quarz. Biotit tritt recht zahlreich in unregelmäßig begrenzten Lappen und Fetzen auf; der starke Pleochroismus zeigt rotbraune Farbe parallel den Spaltrissen, schmutzig-hellbraune normal dazu. Die Achsen öffnen sich beim Drehen des Tisches kaum merklich. Randlich ist er meist in Chlorit umgewandelt, der dem Pennin angehört. An den Grenzen gegen die Plagioklase hat sich als Produkt chemischer Wechselwirkung zwischen beiden Epidot gebildet. Muskowit ist äußerst spärlich vorhanden.

Nr. 14 (Tjilidjiang bei Hsikwangschan) ist ein schwarzgrünes, splittrig brechendes, vollkommen dichtes Gestein, das nur schwer eine Diagnose zuläßt. Unter dem Mikroskop sieht man eine fast unauflösbare Grundmasse, intensiv grün gefärbt durch Chlorit. Eingebettet in diese Grundmasse sind rundliche oder längliche Gebilde, welche vollkommen von Pennin erfüllt sind. Sehr kleine, eckige Quarzkörner sind gleichmäßig verbreitet und ziemlich zahlreich vorhanden. Carbonatrhomboederchen, von einem Limonitmantel umgeben, sind gleichfalls recht häufig. Das lebhafte Aufbrausen in Salzsäure bestimmt das Carbonat als Calcit. Ungemein feine Nadeln von Sericit sind oft so angeordnet, daß sie eine Fluidalstruktur vortäuschen. Ohne die geologischen Lagerungsverhältnisse zu kennen, ist es schwer möglich, das Gestein näher zu bestimmen. Nach Dr. Handel-Mazzetti »bildet es eine 1 *m* dicke Schichte in Kalk, in Ruinenform verwitternd«. Höchstwahrscheinlich handelt es sich um das gleiche Sediment wie das unter 6 und 7 beschriebene, nur ist es feiner und in weitgehender Weise verändert.

Nr. 15 (von Hsikwangschan) ist ein Kohlenkalk mit zahlreichen unbestimmbaren Pflanzenresten, vermutlich der carbonen Flora angehörig.

Nr. 16 (Daloping) ist ein dunkelgrauer Kalk, von weißen und roten Kalkspatadern durchzogen, Spuren eines nicht näher bestimmbaren Erzes (scheinbar Löllingit) führend.

Nr. 17 (Flußufer bei Tangschi westl. Hsiang-hsiang). Dieses Gestein ist ein stark verwitterter Sandstein mit kalkigem Bindemittel. Gemengteile sind Quarzkörner bis $^3/_4$ *cm* Größe und Feldspatkörner von gleichen Dimensionen. Die Feldspate sind Orthoklas und Plagioklas von genau der gleichen Beschaffenheit wie im oben (Nr. 13) beschriebenen Granit. Dazu kommen noch Schachbrettalbite. Quarz- und Feldspatkörner sind wenig gerundet, was auf kurzen Transport hinweist. Als weiterer Bestandteil findet sich Biotit, dessen Chloritisierung weiter vorgeschritten ist als beim Granit. Diese Chlorite sind ihrerseits oft randlich umgewandelt in ein Mineral mit stärkerer Doppelbrechung, von trübem, erdigem Aussehen, gelblichbraun, anscheinend gerader Auslöschung, γ in der Längsrichtung. Pleochroismus deutlich mit grün parallel den Spaltrissen, schmutzig gelbbraun normal dazu Interferenzfarben bis Strohgelb I. Ordnung bei einer Schliffdicke von 0·022 *mm*. Es dürfte sich um eines der mineralogisch schwer zu definierenden Zersetzungsprodukte des Chlorits handeln, die mit den Namen Voigtit, Aspidolith, Helvetan, Eukamptit usw. belegt wurden.

Wegen der geringen Abrundung der klastischen Körner und der Ähnlichkeit mit den Gemengteilen des Granits ist es höchstwahrscheinlich, daß dieses Material von den Graniten herstammt, die in diesen Gebieten nach Richthofen eine ziemliche Verbreitung haben.

Außer diesen Gesteinsproben hat Dr. Handel-Mazzetti noch mitgebracht: zwei große und mehrere kleine Krystalle von Antimonit, welche bis auf geringe Reste gänzlich in Antimonocker umgewandelt sind. Die Oberfläche ist teilweise von Gips überzogen, kleine Tafeln von Baryt mit Quarzperimorphosen sitzen gleichfalls auf ihr. Die Stücke stammen aus der Provinz Hunan, Hsikwangschan bei Hsinhwa.

Auf Kluftflächen im Kalk in einer Höhle bei Tjilidjiang dort kommen Krusten von Gips vor, die auch $CaCO_3$ und $SrCO_3$ (letzteres in Spuren) enthalten, ferner Krusten von Kalksinter, die oft ungemein spießige Krystallenden haben. Außer den steilen Skalenoedern, die meist zu pinselförmigen Gruppen zusammengeschlossen sind, kommen keine anderen Flächen vor. Eine goniometrische Messung ist wegen der Krümmung der Skalenoeder unmöglich.

Akademie der Wissenschaften in Wien
Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Sitzungsberichte

Abteilung I

131. Band

Jahrgang 1922 — Heft 1 bis 10

(Mit 10 Tafeln und 53 Textfiguren)

Gedruckt auf Kosten des Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Wien, 1923

Hölder-Pichler-Tempsky, A.-G., Wien und Leipzig
Kommissionsverleger der Akademie der Wissenschaften in Wien

Druck der Österreichischen Staatsdruckerei.

Inhalt

Seite

Aigner A., Geomorphologische Beobachtungen in den Gurktaler Alpen 243

Baecker R., Über ausziehbare Gefäß- und Bastbündel und Schraubenbänder. (Mit 1 Textfigur) 139

Brunswik H., Die Mikrochemie der Flavonexkrete bei den Primulinae 221

Figdor W., Mitteilungen aus der Biologischen Versuchsanstalt der Akademie der Wissenschaften in Wien. (Pflanzenphysiologische Abteilung, Vorstand W. Figdor.) Nr. 77. Über die Entwicklung der Wendeltreppenblätter von *Helicodiceros muscivorus* Engl. (Mit 1 Textfigur) 233

Flamm E., Zur Lebensdauer und Anatomie einiger Rhizome. (Mit 1 Tafel) . . 7

Handel-Mazzetti H., Ergebnisse der Expedition nach China 1914—1918. Musci novi sinenses 209

Kerner F., Die Polverschiebungen als Teil von A. Wegener's Hypothese im Lichte des geologischen Zeitbegriffs 1

Kerner-Marilaun F., Das akryogene Seeklima und seine Bedeutung für die geologischen Probleme der Arktis 153

Kisser J., Amitose, Fragmentation und Vakuolisierung pflanzlicher Zellkerne. (Mit 2 Tafeln) 105

Klein G., Der histochemische Nachweis der Flavone. (Mit 1 Tafel) 23

Kubart B., Was ist *Spondylostrobus Smythii* F. v. Mueller? (Mit 1 Tafel und 3 Textfiguren) 313

Kurtz H., Zwei neue Arten von *Lernaeocera* aus dem Nil. (Mit 2 Tafeln) . . 327

Leitmeier-Bennesch B., Beiträge zur Anatomie des Griffels. Nr. 186 der zweiten Folge. (Mit 1 Tafel und 1 Textfigur) 339

Micoletzky H., Neue freilebende Nematoden aus Suez. (Mit 13 Textfiguren) . 77

Oppenheimer H., Keimungshemmende Substanzen in der Frucht von *Solanum Lycopersicum* und in anderen Pflanzen. Vorläufige Mitteilung 59

— Das Unterbleiben der Keimung in den Behältern der Mutterpflanze. (Mit 1 Tafel) 279

Pintner Th., Die vermutliche Bedeutung der Helminthenwanderungen. (Mit 3 Textfiguren) 129

Priesner H., Beiträge zur Lebensgeschichte der Thysanopteren. (Mit 7 Textfiguren) 67

Puchinger H., Über die Lebensdauer sclerotisierter Zellen. (Mit 1 Tafel und 2 Textfiguren) 47

Schnarf K., Beiträge zur Kenntnis des Blütenbaues von *Alangium*. (Mit 14 Textfiguren) 199

Stiny J., Beziehungen zwischen Talnetz und Gebirgsbau in Steiermark. (Mit 8 Textfiguren) 187

Die Polverschiebungen als Teil von A. Wegener's Hypothese im Lichte des geologischen Zeitbegriffs

Von

Fritz Kerner

k. M. Akad. Wiss.

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. Februar 1922)

Zu den schwächsten Seiten mancher Klimahypothesen zählt ihre Stellung zum geologischen Zeitbegriff. Dies gilt auch für die Polverschiebungslehre, wie sie jüngst als wichtiger Baustein im Gefüge der A. Wegener'schen Hypothese in Anlehnung an Kreichgauer Köppen entwickelt hat. Die Erdansicht Fig. 6 in der seiner Arbeit: Polwanderungen, Verschiebungen der Kontinente und Klimageschichte (Peterm. Mitt. 1921) beigehefteten Tafel zeigt zwar keine streckentreue Projektion, weist aber in der Gegend des Nordpazifik doch auch nur eine geringe Verzerrung auf. Dies läßt es — insoweit man nur ein angenähertes Resultat erstrebt — statthaft erscheinen, die Wege, welche der Pol seit dem Ende des Carbons zurückgelegt haben soll, abzumessen.

Die durchlaufene Strecke ist durch Punkte, denen die Formationsnamen beigesetzt sind, eingeteilt. Dies soll gewiß nicht bedeuten, daß der Pol während der ganzen Periode am betreffenden Punkte verblieb und sich dann jedesmal ruckweise verschob. Dagegen geht aus dem Diagramm und aus dem Text nicht hervor, ob die besagten Punkte Erdorte bezeichnen, an denen sich der Pol während der betreffenden Periode am längsten aufhielt oder die Stellen angeben, welche er bei stetigem Wandern im Zeitpunkte der Formationsmitte durchschritt. Dem Geologen ist der Begriff der Formationsgrenze viel geläufiger als der Begriff »Zeitmitte der Formation«. Nach den Darlegungen Diener's wäre es z. B. nicht begründet, die Zone des *Harpoceras Murchisonae* (die 17. der 33. Oppel'schen Zonen) als genaue Zeitmitte des Jura zu nehmen und bieten auch die neuen Kleingliederungen nicht die Mittel zu einem exakten Zeitlängenvergleich.

Insoweit nur Näherungswerte gesucht werden, wird man aber auf dem besagten Migrationsbilde die Formationsgrenzen in die Halbierungspunkte der Abstände zwischen den Formationsmitten verlegen. Die Erscheinung des rückläufigen Längenwachstums der geologischen Zeiträume ist nur für die großen Epochen, aber nicht für alle Perioden erwiesen (die Dyas dauerte sogar kürzer als die Trias), so daß es nicht begründet schiene, jene Grenzen etwas über die besagten Halbierungspunkte hinaus zu verlegen.

Man kommt dann, wenn man auf jenem Diagramme die Trias dort beginnen läßt, wo Perm steht und die Grenze zwischen Pliozän und Quartär, weil sich die als Mittellage des Nordpoles im Quartär vermerkte Stelle auf eine im Lauf der zweiten Hälfte dieser Formation stattgehabte Pollage bezieht, etwas gegen das Pliozän hinrückt, zu folgenden Relativzahlen (Millimeter):

Mesozoikum. 6+24+20+7 = 57
Känozoikum: 7+13+12+6+13+7 = 58
Quartär: 18+15 = 33

Als Maßzahlen der Periodenlängen nehme ich zunächst die in Häckel's Schöpfungsgeschichte (1870) vermerkten. Ihre scheinbare Genauigkeit leitet sich davon her, daß sie auf Sedimentmächtigkeiten beruhen. Sie gehören so zu jenen Werten, die ihrer Bedeutung nach zwar auch nur rohe Schätzungen, ihrer Gewinnungsart nach aber die Ergebnisse genauer Messungen sind. Man wird sie solchen vorziehen, die sich wie die (nach Dana 1875) von Lapparent (Traité de Géologie 1906) mitgeteilten Zahlen: Primaire 12, Secondaire 3, Tertiaire 1 — von vornherein als bloße Rohschätzungen zu erkennen geben, gleichwie man eine mittlere Niederschlagshöhe für ein ganzes Land, die sich auf Grund genauer Rechnungen ergab, — obschon sie auch nur ein roher Näherungswert sein kann — einer Zahl vorzöge, zu der ihr Autor etwa nur durch klimatologische Erwägung kam.

Man hat dann:

	s	*t*	*c*
Sekundär	57	11·5	5
Tertiär	58	2·3	25
Quartär	33	0·5	66

Unter Voraussetzung der Häckel'schen Zahlen für die relativen Periodenlängen wäre so 1 : 5 : 13 das Geschwindigkeitsverhältnis der Polwanderungen in den angeführten Zeiträumen.

Zieht man Fig. 4 heran, die die Polverlegungen im Quartär genauer aufzeigen soll, so ergeben sich als relative Weglängen zwischen den Höchstständen der vier Eiszeiten und zwischen dem Maximum der Würmvergletscherung und der Gegenwart: 5:6:5:8.

Als Maßzahlen der Zeitlängen (Abstände der Maxima) entnimmt man dem Diagramm in **Penck's** und **Brückner's** Alpen im Eiszeitalter die Werte $4^1/_2$, $9^1/_4$, 3, 1, die etwas von jenen abweichen, welche sich für die Interglazialzeiten allein ergeben und von der Mindelzeit ab 12:3:1 sind. Man hat dann:

	s'	t'	c'
Günz-Mindelzeit	5	4·5	1
Mindel-Rißzeit	6	9·25	$^2/_3$
Riß-Würmzeit	5	3·0	$1^2/_3$
Würmzeit-Gegenwart	8	1·0	8

Hiernach wäre das Geschwindigkeitsverhältnis der Polwanderungen in den genannten Abschnitten des Quartärs 3·2:5 24 gewesen.

Die bei **Häckel** angeführten Zahlen weisen wohl noch ein zu geringes rückläufiges Längenwachstum der geologischen Epochen aus. Die Relativzahlen 53·6 für die »Primordialzeit« = Laurentian +Cambrium+Silur und 32·1 für die »Primärzeit« = Devon+Carbon+Perm lassen sich mit der Auffassung **Neumayr's**, daß vom Mittelcambrium bis zum Untersilur vielmals mehr Zeit verstrichen sei als vom Untersilur bis zum Oberdevon nicht vereinen und Diluvium+Jetztzeit betrachtete dieser Forscher nur als Zeitäquivalent einer Oppel'schen Jurazone, womit die Dauer des Quartärs die Einschränkung auf einen verschwindend kleinen Teil der geologischen Zeitspanne erfährt. **Neumayr's** Schätzung des rückläufigen Periodenwachstums könnte, auf der unsicheren Grundlage der Zone als Zeitmaß fußend, etwas zu hoch gegriffen sein. Es kommen hier aber auch die Bestimmungen des Erdalters auf physikalischer Grundlage in Betracht. Die aus der Heliumproduktion führen in betreff der absoluten Zeitlängen zu Höchstwerten. Ihre Brauchbarkeit zur Schätzung relativer Längen büßen sie dadurch nicht ein.

Für ein posttertiäres Eifelgestein wurden (von **Koenigsberger** nach **Strutt**) eine Million Jahre, für ein pliozänes Effusivum aus Neuseeland zwei und für ein miozänes aus der Auvergne sechs Jahresmillionen gefunden. Da das Neogen gewiß kürzer als das Palaeogen gedauert hat, muß das Quartär einem viel kleineren Bruchteile des Tertiärs gleichkommen, als sich nach den obigen Zahlen ergibt. Dann ist die Geschwindigkeit des Polverschubes im Quartär eine relativ noch viel größere und dies bei Ausschluß der noch supponierten zykloidischen Bewegungen. Nach Analogie sollen solche Zykloiden von den Polen schon in vorquartärer Zeit gemacht worden sein. Vielleicht, daß es da zu kleinen vorübergehenden Verzögerungen der Bewegung wie von der Günz-Mindel zur Mindel-Rißeiszeit kam (siehe oben). Als das Gesamtbild voll beherrschende Erscheinung zeigt sich aber eine rasche Beschleunigung der Polbewegung mit Annäherung an die Gegenwart. Einer solchen müßte eine analog verlaufene Häufigkeitszunahme der Massenumlagerungen in der Erdkruste entsprechen.

Die geologische Erfahrung weist auf große Schwankungen der lithosphärischen Bewegungsvorgänge hin, auf einen Mittelzustand zwischen stetiger Entwicklung und Katastrophenfolge. Wiederholtes Aufleben und Abflauen eines Wandertriebes der Erdpole wäre sonach zu verstehen. Dagegen ist in der Lithosphäre keine mit Annäherung an die Gegenwart fortgesetzt rasch wachsende Unruhe erkannt worden. Man vermöchte als Ursache immer schneller und schneller erfolgter Polwanderungen keine terrestrische, aber auch keine kosmische Energiequelle zu entdecken, deren Stärke mit Annäherung an die Gegenwart in geometrischer Progression wuchs. Eine solche Quelle gibt es nicht.

Es liegt nahe, daß da die Migrationsfreunde das Opfer einer palaeooptischen Täuschung sind.

Die Diagnose einer Polverschiebung erfließt aus der Feststellung von Änderungen in der Verbreitungsart vorzeitlicher Lebewesen und Böden. Solche Änderungen lassen sich aber bei Annäherung an die Gegenwart in immer rascher zunehmender Menge erkennen, weil mit diesem Näherrücken die Zahl der geologischen Urkunden überhaupt in raschem Schritt wächst. Wenn dies nicht so klar hervortritt, so ist daran das rückläufige Längenwachstum der Perioden schuld. Selbst wenn — was nicht der Fall — die Zahl der bekannten kambrischen Faunen erheblich größer wäre als die der neogenen, könnte die kambrische Urkunde doch noch die sehr viel lückenhaftere sein, weil sie sich über eine Zeitspanne verteilt, die nach Neumayr vielleicht der ganzen nachkambrischen Zeit an Dauer nahekommt, ein Umstand, der von Jenen unbeachtet bleibt, die glauben, daß mit der Diagnose einer Eiszeit als kambrisch betreffs ihrer Altersdeutung mehr erreicht sei als die Kenntnis, daß sie in die erste Hälfte der nacharchäischen Zeit fiel.

Nach eigener Angabe der Migrationsfreunde können Krustenstörungen als Begleiter großer Polverschübe dann ausbleiben, wenn sich diese sehr langsam und allmählich vollziehen. Dann müßte man die großen Faltungsphänomene als die Begleiter von sehr rasch erfolgten zykloidischen Bewegungen der Pole ansehen, die im erwähnten Köppen'schen Diagramm, das nur die resultierenden mittleren Polwege zeigt, nicht angedeutet sind, andrerseits aber annehmen, daß die in jüngster Zeit erreichte große Schnelligkeit der Polwanderung noch unterhalb jener Geschwindigkeitsgrenze liege, deren Überschreitung erst große Krustenstörungen bedingt.

Es hat zwar Ampferer kürzlich gezeigt, daß die Alpen auch in der Eiszeit in Unruhe waren, daß in deren östlichen Tälern große Sohlenverbiegungen stattfanden und Nowak hat jüngst gar von posttertiären Faltungen in Albanien berichtet. Indem aber

Ampferer ähnliche Phänomene, wie er sie für die Eiszeit klar aufzeigt, auch für das Tertiär und die Kreidezeit vermutet, bedeuten seine Darlegungen kaum eine Abschwächung des (bisher angenommenen) tektonischen Gegensatzes zwischen Quartär und Tertiär, sondern eine Höhereinschätzung der lithosphärischen Beweglichkeit in beiden Perioden. Die Nachwürmzeit war sicher keine Zeit größerer lithosphärischer Unruhe. Wenn sonach schon zwanzig- bis vierzigtausend Jahre ein Zeitraum von jener Dauer wären, welche genügt, damit sich eine 20gradige Polverschiebung ohne Störungen in der Erdkruste vollzieht, müßten die großen Gebirgsaufrichtungen die Begleiter von Polverschüben gewesen sein, die sich in noch viel kürzerer Zeit vollzogen, müßte man in der pliozänen, altmiozänen und vorgosauischen Faltung in den vier hercynischen, den kaledonischen und voralgonkischen Faltenbildungen die Werke weniger Jahrtausende vor sich haben! Dies ist eine glatte Unmöglichkeit.

In ähnlicher Weise wie die Polverschiebungshypothese kommt auch die Pendulationshypothese Simroth's bei Betrachtung im Lichte des geologischen Zeitbegriffs zu Fall. Indem sie für das Palaeozoikum und Tertiär eine polare, für das Mesozoikum und die Jetztzeit eine äquatoriale Schwingungsphase annimmt, setzt sie die physikalische Unmöglichkeit voraus, daß sich bei einer Pendelbewegung die Schwingungszeit von einer Schwingung bis zur nächsten um ein Vielfaches verkürzt!

Auch andere Klimahypothesen vertragen eine Durchleuchtung mit dem Lichte des geologischen Zeitbegriffes nicht. Es sei dies hier zum Schlusse nur kurz an einem Beispiele gezeigt. Die Kohlensäurehypothese in ihrer geologischen Ausbildung durch Frech könnte die diluviale Kälteperiode nur dann als Folge eines völligen Abflauens des Vulkanismus im Quartär erklären, wenn sich nachweisen ließe, daß im Mesozoikum die vulkanischen Kräfte nie durch eine Zeitspanne von der Dauer des Quartärs hindurch geruht hätten. Um ein dauernd mildes Klima zur Jurazeit als Folgezustand eines Kohlensäurereichtumes der Lufthülle glaubhaft hinzustellen, genügt es sonach nicht, darauf zu verweisen, daß es jurassische Eruptivgesteine gibt; man müßte sie auf sämtliche Oppel'sche Zonen aufteilen können, selbst wenn man hinter Neumayr's Längenschätzung etwas zurückbliebe und eine solche Zone nicht der Zeitspanne vom Oberpliozän bis heute und nur der Eiszeit in engster Begrenzung vergliche. Für jede Oppel'sche Zone ein eruptives Äquivalent aufzuzeigen, wäre aber bei der ohnedies nicht großen Zahl jurassischer Eruptiva ein Ding der Unmöglichkeit.

Zur Lebensdauer und Anatomie einiger Rhizome

Von

Emilie Flamm

(Mit 1 Tafel)

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien
Nr. 172 der zweiten Folge

(Vorgelegt in der Sitzung am 12. Jänner 1922)

I. Einleitung.

Das Ziel meiner Arbeit war zu untersuchen, welches Alter im günstigsten Falle ein einer Vegetationsperiode entsprechendes Stück eines Rhizomes erreichen kann. Ferner wollte ich die etwaigen anatomischen Unterschiede in den aufeinanderfolgenden Jahrgängen prüfen, falls solche etwa auftreten sollten.

In der Literatur finden sich einige verstreute Altersangaben über Rhizome, auf die ich im Zusammenhange mit meinen Ergebnissen im speziellen Teile meiner Arbeit noch zu sprechen kommen werde. Auch sind an Rhizomen schon sekundäre Veränderungen beobachtet worden. Hollstein[1] berichtet, daß die Epidermis vieler Rhizome dikotyler Pflanzen nachträglich durch Periderm ersetzt wird. Bennecker[2] findet, daß die Rhizome vieler dikotyler Pflanzen sekundäres Dickenwachstum aufweisen, welches indes nicht immer regelmäßig mit dem Alter fortschreitet. Mougin[3] beschreibt sekundäres Dickenwachstum im Rhizom von *Convallaria majalis*, einer monokotylen Pflanze.

---

[1] Hollstein, O.: Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Stengel u. Rhizome von dikotylen Alpenpfl. Just's Botan. Jahrb. 1907, I. Teil, p. 127.

[2] Bennecker, E.: Zur Kenntnis des Baues, der Entwicklung u. der Inhaltsverhältn. der Ausläufer u. Rhizome. Bot. Zentralbl. 1919, p. 209.

[3] Mougin: Note sur la zone d'accroissement du *Convallaria majalis*. Bot. Zentralbl., Bd. 39, p. 194.

Das Hauptuntersuchungsmaterial, durchaus wildwachsende Pflanzen der näheren und weiteren Umgebung Wiens, umfaßt folgende Pfllanzen: *Polygonatum multiflorum*, *P. officinale*, *P. latifolium*, *P. verticillatum*, *Anthericum ramosum*, *Paris quadrifolia*, *Asarum europaeum* und *Anemone ranunculoides*. Diese Pflanzen lassen die Jahreszuwachsstücke des Rhizomes deutlich erkennen. *Convallaria majalis* und *Majanthemum bifolium* habe ich nur auf ihre anatomischen Veränderungen untersucht; eine Feststellung des Alters war nicht möglich, weil die Jahrgänge nicht deutlich abgegrenzt sind. Endlich habe ich folgende Pflanzen ausgegraben und angesehen, aber mich nicht weiter mit ihnen beschäftigt, weil ihre Rhizome keine Altersbestimmung gestatten: *Anemone hepatica*, *A. nemorosa*, *Acorus calamus*, *Adoxa moschatellina*, *Allium montanum*, *Angelica archangelica*, *Cardamine bulbifera*, *Cyclamen europaeum*, *Hypochoeris radicata*, *Menyanthes trifoliata*, *Myosotis scorpioides*, *Nephrodium filix mas*, *N. phegopteris*, *Oxalis acetosella*, *Potentilla erecta*, *Pulmonaria officinalis*, *Symphytum tuberosum*, *Trifolium spadiceum* und *Tussilago farfara*.

Zur Beantwortung der ersten Frage wurden zahlreiche Exemplare auf verschiedenen Standorten ausgegraben und die Anzahl der Stockwerke festgestellt, woraus sich die Lebensdauer ergibt. Um die zweite Frage zu ergründen, habe ich Quer- und Flächenschnitte aller Stockwerke eines Exemplares zum Vergleich gebracht. Auf die Morphologie der untersuchten Rhizome und ihre Anatomie im allgemeinen werde ich nicht eingehen, weil sie in der Literatur[1] genügend behandelt sind und meine Beobachtungen fast durchaus übereinstimmen. Einige abweichende Befunde sowie etliche Nebenbeobachtungen will ich am Schlusse meiner Hauptergebnisse mitteilen.

II. Eigene Untersuchungen.

A. Die Lebensdauer der untersuchten Rhizome.

In der Literatur finden sich, wie schon in der Einleitung erwähnt, vereinzelte Bemerkungen zu dieser Frage. Im folgenden will ich die vorliegenden Beobachtungen meinen Befunden gegenüberstellen.

Nach den Mitteilungen Bernátsky's[2] erhält sich der einzelne Jahrgang von *Polygonatum multiflorum* mindestens bis zu 15 Jahren lebendig. Ich habe ein bis ins älteste Stockwerk gesundes Exemplar mit 20 — rechnet man das jüngste mit dem Trieb für das nächste Jahr hinzu — sogar mit 21 Stockwerken ausgegraben. Das älteste Stockwerk, das zwanzigjährige, war zwar lebensfrisch, aber nicht mehr ganz vollständig; die ältesten Internodien waren durch eine natürliche Trennungsschicht bereits abgegliedert worden.

---

[1] Irmisch, Th.: Zur Morphologie der monokotyl. Knollen- u. Zwiebelgew., Berlin 1850. — Kirchner, Loew, Schröter: Lebensgesch. der Blütenpfl. Mitteleuropas. Stuttgart 1914. 21. Lief., p. 616 bis 658, und 14. Lief., p. 310. — Velenovsky, J.: Vergleichende Morphologie der Pfl., II. Teil, Prag 1907, p. 613 und p. 651 bis 655.

[2] Kirchner, Loew, Schröter: Lebensgesch. der Blütenpfl. Mitteleuropas. Stuttgart 1914, 21. Lief., p. 655.

Für *P. officinale, P. latifolium* und *P. verticillatum* liegen meines Wissens in der Literatur keine Altersangaben vor. Nach meinen vielerorts vorgenommenen Ausgrabungen erreicht *P. officinale* ein Höchstalter von 16, *P. latifolium* von 8 und *P. verticillatum* von 17 Jahren. Unter den Polygonateen zeigt *P. latifolium* eine auffallend kürzere Lebensdauer. In den ältesten Stockwerken dieser Pflanze tritt fast immer ein zentraler Hohlgang infolge Absterbens der innersten Parenchymzellen auf; das angrenzende gesunde Parenchym schließt sich dagegen durch Periderm und Gummi ab. Derartige Veränderungen hat Jost[1] in Rhizomen als Alterserscheinungen beobachtet. In weiterer Übereinstimmung mit seinen Beobachtungen habe ich in der nächsten Umgebung des Hohlganges verstopfte Gefäße gefunden, deren Inhalt mit Phloroglucin und Salzsäure Rotfärbung gibt, ebenso die oben erwähnte gummöse Verstopfung des Parenchyms. Die Verstopfungsmassen sind wahrscheinlich eine Art Wundgummi.[2] Bei den übrigen Polygonateen wurde der zentrale Hohlgang sehr selten beobachtet.

Für *Anthericum ramosum* konnte ich in der Literatur keine Altersgrenze finden. Nach meinen Untersuchungen erreicht ein Stockwerk ein Maximum von 17 Jahren.

Paris quadrifolia kann nach Bernátsky[3] bis zu 10 Stockwerken in lebender Verbindung aufweisen, ich habe 17 Jahrgänge festgestellt.

Irmisch[4] zählte bei *Asarum europaeum* oft über 10 verschiedene Jahrgänge; ich habe maximal 14 Stockwerke angetroffen.

Über die Abgrenzung der Jahrgänge und das Alter der Stockwerke bei *Anemone ranunculoides* habe ich in der Literatur nichts gefunden. Nach meinem Dafürhalten kann man die Stockwerke zählen. Das Rhizom zeigt stellenweise starke Einschnürungen, die ich für die Grenzen der Stockwerke halte. Vorausgesetzt, daß diese Anschauung richtig ist, wird ein Rhizomstück maximal 7 Jahre alt.

---

[1] Jost, L.: Die Zerklüftung einiger Rhizome und Wurzeln. Bot. Zentralbl., Bd. 49, p. 335.

[2] Molisch, H.: Mikrochemie der Pflanze. Jena 1913, p. 315.

[3] Kirchner, Loew, Schröter, l. c., p. 647.

[4] Irmisch, Th.: Zur Morphologie der monokotyl. Knollen- u. Zwiebelgew. Berlin 1850, p. 181.

B. Veränderungen, welche lebensfrische Rhizomstücke mit zunehmendem Alter erleiden.

1. Veränderungen der Epidermis.

Bei den Polygonateen zeigt die makroskopische Betrachtung oft einen Unterschied in der Farbe der Kutikula. In den jüngeren Stockwerken ist diese weißlichgelb, in den älteren meist dunkelgelb gefärbt. Auch an den älteren Rhizomteilen von *Paris quadrifolia*, *Asarum europaeum*, *Anemone ranunculoides*, *Convallaria majalis* und *Majanthemum bifolium* ist diese dunklere Färbung der Kutikula zu beobachten.

Unter dem Mikroskop fallen an älteren Rhizompartien bei den Polygonateen Epidermiszellen auf, deren Lumen mit bräunlichen Einlagerungen mehr oder weniger erfüllt ist. Offenbar sind es nekrotische Zellen. Ihre Zahl nimmt mit dem Alter, wenn auch nicht regelmäßig, zu.

Bei *Majanthemum bifolium* und *Convallaria majalis* zeigen sich in manchen Epidermiszellen, die meist starker verdickte Wände aufweisen, gelbliche oder rötliche Tropfen von kleineren oder größeren Dimensionen. Stellenweise ist das Lumen einer Epidermiszelle oder einer Gruppe solcher Zellen damit erfüllt. In letzterem Falle sind die Stellen als Flecken mit freiem Auge sichtbar. Die bezeichneten Tropfen, respektive Massen sind in kaltem und heißem Alkohol, in Äther und Schwefelkohlenstoff unlöslich. Sie werden durch Kalilauge und kalte Salzsäure nicht verändert, in kochender Salzsäure färben sich größere Massen tief braunrot bis schwärzlich. In kalter Salpetersäure schwindet die rote Farbe, aber die entfärbten Massen bleiben sichtbar. Kochende Salpetersäure führt Lösung herbei. Es dürfte sich um Sekrete handeln, die mit der Degeneration der Epidermiszellen zusammenhängen.

2. Veränderungen der Spaltöffnungen.

a) Verstopfung der Spaltöffnungen.

Die Spaltöffnungen der Rhizome der untersuchten Polygonateen erfahren mehrere merkwürdige Veränderungen, die meines Wissens unbekannt sind. Ich will mit der Beschreibung der normalen Rhizomspaltöffnung beginnen. »Sie erhebt sich über die durchschnittliche Oberfläche, indem die Begleitzellen, bei *P. verticillatum* auch noch ein bis zwei benachbarte Zellen, sich schräg oder fast gerade nach aufwärts richten und in der Spitze der so zustande kommenden beträchtlichen Erhöhung Spaltöffnungen tragen.«[1] Im Querschnitt betrachtet, siehe Fig. 1, zeigen die Schließzellen stark verdickte Bauchwände, deutlich entwickelte Vorder- und Hinterhofhörnchen und darunter eine verhältnismäßig lange Atemhöhle.

Im Vorhof der Spaltöffnungen sind häufig pfropfenartige Einlagerungen von gelblichen bis bräunlichen körnigen Massen zu beobachten.

---

[1] Kirchner, Loew, Schröter, l. c., 21. Lief., p. 628.

Die Ausfüllungsmassen (»p«) sind in Quer- (Fig. 5, 6) und Flächenschnitten (Fig. 2) zu sehen. Zuweilen ist gleichzeitig der Hinterhof verstopft (Fig. 4, p,). Im allerjüngsten Stockwerk mit dem Trieb für das nächste Jahr ist der Vorhofpfropfen nur sehr vereinzelt zu bemerken und da nur an den älteren Internodien. An den jüngeren Internodien, vorne bei der Triebknospe, fehlen die Pfropfen. Das läßt erkennen, daß diese Pfropfen nicht aus der Zeit der Anlage der Schließzellen herrühren, wie es bei den Wachspfropfen[1] der Fall ist, sondern erst später in der ausgebildeten Spaltöffnung entstehen. In einjährigen Rhizomabschnitten sind viele Spaltöffnungen mit Pfropfen vorhanden; in zwei- und dreijährigen weisen die meisten diese Erscheinung auf und in noch älteren findet sich nur ab und zu eine Spaltöffnung mit leerem Vorhof. Vielleicht ist der Pfropfen aus diesen während der Herstellung des Schnittes herausgefallen und mithin alle Spaltöffnungen in älteren Rhizomteilen verstopft. Oft erscheinen die Vorhöfe ganz dunkel von den eingelagerten Luftbläschen Durch Einbringen in Alkohol oder gelindes Erwärmen entweicht die Luft und die mehr gelblichen oder bräunlichen Massen werden deutlich sichtbar. Bei den Koniferen[2] und später bei einer Reihe von Pflanzenfamilien[3] sind derart aussehende Verstopfungen wachsartiger Natur beobachtet worden.

Ich war bestrebt, die stoffliche Natur der Vorhofpfropfen von *Polygonatum* festzustellen und prüfte zunächst auf Wachs.[4] Es war nicht möglich, die Pfropfen unter Wasser auszuschmelzen. Sie waren weder in kaltem, in heißem Alkohol noch in Schwefelkohlenstoff löslich. Bei Verweilen der Schnitte bis zu vier Tagen in Äther und Chloroform trat keine Lösung ein. Scharlachrot und Sudan wurden von der Kutikula, den Vorder- und Hinterhofhörnchen intensiv gespeichert, von den Pfropfen nicht. Es kann sich daher nicht um wachsartige Stoffe handeln. Bei der Widerstandsfähigkeit der Pfropfen gegen Alkohol, Äther, Schwefelkohlenstoff und Kalilauge lag die Vermutung nahe, daß es eine Art Wundgummi[5] sein könnte. Indes geben die Pfropfen keine Holzstoffreaktion mit Phloroglucin und Salzsäure, doch scheinen sie sich in Salpetersäure teilweise zu lösen und speichern Fuchsin. In kochender Salzsäure tritt keine Veränderung ein.

Im Vorhofpfropfen liegen nicht selten dunkel gefärbte, polygonale Körperchen, die Sporen eines auf der Epidermis wuchernden Pilzes. Ganze Häufchen solcher Sporen und ausgedehnte Pilzhyphen sind auch sonst auf der Epidermis häufig sichtbar. Zuweilen hebt sich im Pfropfen eine feinkörnige, schwärzliche Masse ab. Wulff[3] hat Spaltöffnungen beobachtet, in welche Pilzhyphen eingedrungen waren, die sich den Wänden fest angeschmiegt hatten. Die äußere Atemhöhle und die Zentralspalte scheinen in diesem Falle ganz wie bei der Verstopfung mit Wachs von einer körnigen Masse erfüllt zu sein, die aber von den Lösungsmitteln für Wachs nicht angegriffen werden. Ich konnte in den Spaltöffnungen keine Pilzhyphen erkennen.

Die Pfropfen unbekannter chemischer Natur sind vermutlich ein Ausscheidungsprodukt der Schließzellen und haben wahrscheinlich die angenommene biologische Bedeutung der Wachspfropfen, nämlich die Transpiration der Spaltöffnungen herabzusetzen.

---

[1] Wilhelm, K.: Über eine Eigentümlichkeit der Spaltöffn. bei Koniferen. Ber. der Deutsch. Bot. Ges., Berlin 1883, Bd. I, p. 325. — Wulff, Th.: Studien über verstopfte Spaltöffn. Öst. bot. Zeitschrift 1898, Nr. 6, p. 201.

[2] Wilhelm, K., l. c.

[3] Wulff, Th., l. c.

[4] Molisch, H.: Mikrochemie der Pflanze. Jena 1913, p. 112.

[5] Molisch, H.: l. c., p. 315.

Die Schließzellen mit Vorhofpfropf sind nicht tot. Es ist mir auch an älteren Rhizomstücken noch gelungen, in derartigen Schließzellen Plasmolyse mit reinem Glyzerin, Zucker- und Salpeterlösung herbeizuführen; auch konnte ich in ihnen Stärke nachweisen. Ich wollte die Wegsamkeit der Spaltöffnungen für Luft untersuchen mit derselben Methode, welche Stahl[1] zum Nachweis der Wegsamkeit der Lenticellen anwendet. Ich befestigte ein Rhizomstück von *Polygonatum latifolium* an den kürzeren Schenkel eines U-förmig gekrümmten Glasrohres, verschloß das freie Ende mit Siegellack und tauchte die Vorrichtung bis über das zugekittete Ende in ein Gefäß mit Wasser und goß in den langen Schenkel Quecksilber. Die Luft ist nur aus Wunden entwichen. Auf Anraten des Herrn Hofrates Molisch habe ich den Versuch in der Weise abgeändert, daß ich eine Handluftpumpe zum Hindurchpressen der Luft verwendete. Es ist mir zweimal bei *P. latifolium*, und zwar nur an einjährigen Rhizomstücken gelungen, Luft hindurchzupressen, sodaß diese auf der ganzen Oberfläche hervorperlte. In einer größeren Zahl von Fällen war das Resultat ein negatives, auch bei Verwendung einjähriger Rhizomstücke. Weitere Versuche mit *P. officinale*, *multiflorum* und *verticillatum* waren durchwegs erfolglos. Der negative Ausfall setzte mich deshalb in Erstaunen, weil das Rhizomgewebe reich an mit Luft erfüllten Interzellularen ist und an jüngeren Stockwerken noch reichlichst unverstopfte Spaltöffnungen vorhanden sind, durch welche ich ein Austreten der Luft erwartet hätte.

Flächenschnitte von *Convallaria majalis* machen den Eindruck, daß die Spaltöffnungen hin und wieder derartige Pfropfen zeigen. Bei der geringen Zahl der Spaltöffnungen findet man diese verhältnismäßig selten am Querschnitt. Da mir das Material nicht in genügender Menge zur Verfügung stand, kann ich über den Bau im Querschnitt nichts Genaueres sagen.

b) Verholzung der Spaltöffnungen.

Ein Teil der Spaltöffnungen der untersuchten Polygonateen erleidet noch eine weitere Veränderung: es tritt Verholzung ein. Die unverholzten Schließzellen sind von der Farbe der umgebenden Epidermiszellen. Mit Ausnahme der kutinisierten Außenwand, der Vor- und Hinterhofhörnchen geben sie mit Chlorzinkjod Zellulosereaktion. Die verholzten Schließzellen (Fig. 3, 5, 6, 7) sind kräftiger gelb bis braun gefärbt und haben stärker verdickte Wände; insbesonders sind die Bauchwände stärker verdickt, sodaß das Lumen bedeutend verkleinert ist. Es gelang mir nicht, Stärkeeinlagerungen nachzuweisen und Plasmolyse hervorzurufen. Die Wände der verholzten Schließzellen werden mit Phloroglucin und Salzsäure mehr oder weniger kräftig rot. Salzsäure allein und Joachimowitz Reagens[2] bringen diese Färbung nicht hervor. Es kann sich daher nicht um Phloroglucotannoide und auch nicht um jenen postmortalen gelben oder braunen Farbstoff handeln, der auf den Membranen und manchmal auch im Zellinhalt der Schließzellen etwas gelber Blätter von *Musa Cavendishii*[3] abgesetzt wird; dieser gibt mit Säuren rote Reaktion. Anilinsulfat eignet sich infolge bereits vorhandener Gelbfärbung nicht als Reagens. Mit kalter Orcin-Salzsäure, welche ich zuweilen anwendete, trat Violettfärbung ein.

---

[1] Stahl: Entwicklungsgesch. u. Anatomie der Lenticellen. Bot. Zeitg., Leipzig 1873, 31. Jg., p. 613.

[2] Joachimowitz, M.: Ein neues Reagens auf Phloroglucin, Catechin und ihre Derivate. Biochem. Zeitschr., 82. Bd., p. 324 bis 358.

[3] Harmorak, N.: Beiträge zur Mikrochemie des Spaltöffnungsapparates. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Kl., Abt. I, 124. Bd., 6. u. 7. Heft.

Verholzte Spaltöffnungen sind auch bei den Koniferen,[1] Cycadeen,[2] Lycopodiaceen,[4] bei *Camellia japonica*,[3] *Pandanus*[4] und *Thea*[4] nachgewiesen worden.

Bei *Polygonatum* verholzen indes nicht alle Spaltöffnungen. Auf den jüngsten Internodien des jüngsten Stockwerkes findet man überhaupt keine verholzten. Auf den ältesten Internodien dieses jüngsten Stockwerkes tritt hie und da eine verholzte Spaltöffnung auf, die auf Phloroglucin und Salzsäure reagiert. Mit fortschreitendem Alter verholzen immer mehr Spaltöffnungen, sodaß die verholzten die unverholzten schließlich an Zahl übertreffen. Was die Verteilung der verholzten Spaltöffnungen anlangt, so konnte ich keine Abhängigkeit beobachten; sie finden sich oben, unten und seitlich am Rhizom; allerdings sind manche Schnitte vom selben Stockwerk reicher, andere wieder ärmer an verholzten Spaltöffnungen. Im ältesten Stockwerke einer Rhizomkette, auch in dem zwanzigjährigen von *P. multiflorum*, habe ich noch immer etliche unverholzte Spaltöffnungen vorgefunden. Es treten mithin gleichzeitig nebeneinander verholzte und unverholzte Schließzellen auf, die sich auch dadurch unterscheiden, daß erstere dickere Wände und ein engeres Lumen haben und stärkefrei sind. Es besteht mithin ein Dimorphismus der Spaltöffnungen, wie er bisher nur bei *Pandanus*[4] beobachtet worden ist. Der Dimorphismus kommt besonders in Flächenschnitten stark zum Ausdruck. Man vergleiche die unverholzten Schließzellen in Fig. 2 mit den verholzten in Fig. 8, 9. Die morphologische Verschiedenheit wird durch die Veränderungen, welche die benachbarten Epidermiszellen der verholzten Schließzellen gleichzeitig erfahren, noch erhöht. Auf diese Veränderungen soll im nächsten Abschnitt näher eingegangen werden. Die Vorhofpfropfen, welche in den unverholzten Spaltöffnungen beschrieben worden sind, kann man auch vielfach in den verholzten beobachten. Dort, wo sie fehlen, wie in Fig. 7, sind sie wahrscheinlich erst bei der Präparation herausgefallen.

Auch einige Schließzellen des Rhizomes von *Convallaria majalis* erleiden Veränderungen mit zunehmendem Alter. In jungen Rhizomteilen sind sie hellgelb wie die Kutikula gefärbt. Auf älteren Rhizomteilen finden sich neben derartigen unveränderten Schließzellen auch solche, welche auffallend dickwandiger, ferner leuchtend gelb, braun oder rötlich gefärbt sind. Oft sind auch die angrenzenden Epidermiszellen dickwandig und ebenso gefärbt. Der Farbstoff scheint nicht nur in den Wänden, sondern auch im Zellinhalt aufzutreten. Die gelben Schließzellen geben mit Phloroglucin und Salzsäure keine Reaktion, die bräunlichen oder rötlichen färben sich meist kräftig rot. Sonst zeigen letztere das gleiche chemische Verhalten wie jene gelben und roten Massen in manchen Epidermiszellen, worüber im Abschnitt »1« berichtet worden ist. So wie bei diesen scheint es sich auch bei den Schließzellen um Absterbeerscheinungen zu handeln.

---

[1] Mahlert: Beiträge zur Kenntnis der Anatomie der Laubbl. der Koniferen mit bes. Berücksicht. des Spaltöffn. App., Bot. Zentralbl. 1885, 24. Bd., p. 54.

[2] Karzel, R.: Die Verholzung der Spaltöffn. bei Cycadeen. Wiesner Festschr., Wien 1908, p. 510.

[3] Heilbronn, M.: Die Spaltöffn. von *Camellia japonica*. Ber. der Deutsch. bot. Ges., 34. Bd., p. 22.

[4] Kofler, J.: Der Dimorphismus der Spaltöffn. bei *Pandanus*. Öst. bot. Zeitschr. Wien 1918, p. 186 bis 195.

c) Verstopfung der Atemhöhle.

Die Spaltöffnungen von *P. officinale, multiflorum, latifolium* und *verticillatum* (Fig. 1) zeichnen sich, wie schon früher erwähnt, durch eine lange Atemhöhle aus. Fig. 5 zeigt eine verholzte Spaltöffnung von *P. verticillatum* mit verkleinerter Atemhöhle »*a*«. Der untere Teil der Atemhöhle ist durch die Teilungstätigkeit der angrenzenden Parenchymzellen verschwunden. In Fig. 6 ist die Atemhöhle »*a*« noch mehr verkleinert. Die nächst angrenzenden Parenchymzellen haben sich papillenartig »*t*« gegen die Schließzellen vorgewölbt. Auch die linke Nebenzelle zeigt eine derartige papillenartige Vorstülpung »t_1«, die ebenfalls zu einer Verkleinerung der Atemhöhle beigetragen hat. In Fig. 7 ist die Atemhöhle verschwunden; sie ist durch die hineingewachsenen Parenchymzellen verstopft worden. Bei den untersuchten Arten wird die Atemhöhle unter den verholzten Schließzellen hauptsächlich durch die hineinwachsenden Parenchymzellen verstopft.

Haberlandt[1] und Molisch[1] haben ähnliche Vorgänge unter den Spaltöffnungen der Blätter von *Tradescantia guianensis* beschrieben und Molisch[1] hat sie als »thylloide Verstopfungen« bezeichnet. Später ist bei den Cactaceen[2] dieselbe Beobachtung gemacht worden. Derartige Bildungen sind als vorzügliches Mittel, die Transpiration herabzusetzen, gedeutet worden. Auch die Verstopfung der Atemhöhle von *Polygonatum* kann thylloide Verstopfung genannt werden. Sie erfolgt in erster Linie durch die Tätigkeit der Parenchymzellen; die Nebenzellen haben nur untergeordneten Anteil.

In einzelnen Fällen konnte ich bei *P. multiflorum* (Fig. 3) in der verkleinerten Atemhöhle einen Pfropf (»*o*«), der Opistialöffnung anliegend, beobachten, der Sudan und Scharlachrot speichert und seiner chemischen Natur demnach den Fetten angehören dürfte. Bei den anderen Polygonateen ist mir ein derartiger Verschluß nicht aufgefallen.

Unter nicht verholzten Spaltöffnungen ist das Gewebe interzellularreich, unter verholzten und verstopften schließt es fast lückenlos aneinander. In älteren Hügelchen (Fig. 7) reichen die Teilungen der Parenchymzellen noch mehrere Zellagen tief unter der verstopften Atemhöhle ins Gewebe hinein. Es entsteht dadurch ein sich von dem übrigen Parenchymgewebe linsenförmig abhebender Gewebekörper, welcher die verholzten Schließzellen noch stärker emporwölbt, so daß ein lenticellenähnliches Höckerchen entsteht. Indes kommt es niemals zum Aufreißen der Höckerchen (Fig. 3, 5, 6), weil sich die Epidermiszellen durch Zellteilung vermehren und sich so der Aufwölbung anpassen. Da die Epidermis des Rhizoms erhalten bleibt, bestände auch keine biologische Notwendigkeit, Lenticellen auszubilden. Die die Atemhöhle umgrenzenden Parenchymzellen sind bei eintretender Zellteilung zartwandig und farblos und geben mit Chlorzinkjod Zellulosereaktion. In einem späteren

---

[1] Molisch, H.: Zur Kenntnis der Thyllen, nebst Beob. üb. Wundheil. der Pfl. Akademie d. Wiss., Wien, Bd. 97, 14. VI. 1888.

[2] Bukvic, N.: Die thylloiden Verstopf. der Spaltöffn. u. ihre Bez. zur Korkbildg. bei den Cactaceen. Öst. bot. Zeitschr. 1912, Nr. 11.

Stadium lassen sich Korkreaktionen ausführen; die Wände verseifen mit Kalilauge und speichern Sudan und Scharlachrot. In einem noch älteren Stadium geben sie dieselben Holzreaktionen wie die verholzten Schließzellen. Die Zellen sind dickwandig und bräunlich gefärbt. Im Zellumen des verholzten Korkes (Fig. 3, 7) liegen kleinere und größere Tropfen, welche Sudan und Scharlachrot speichern; es scheinen mithin Fettropfen zu sein. Vielleicht sind es solche Öltropfen,[1] die als Auswurfstoffe in alternden Organen beobachtet worden sind Zu ihrer Überprüfung wurden auch folgende Reaktionen auf Gerbstoffe[2] ausgeführt: Eisenchlorid, Eisenvitriol, Osmiumsäure und Joachimowitz-Reagens,[3] indes ohne positives Ergebnis. Die vorhin beschriebenen Tropfen konnte ich auch im stark reduzierten Lumen der verholzten Schließzellen und in den verholzt verkorkten Zellen der Niederblattnarben beobachten.

Auch in der Flächenansicht (Fig. 9) läßt sich die stärkere Aufwölbung der Spaltöffnungshöckerchen erkennen. Die verholzten Schließzellen bilden das Zentrum. Sie sind von nachträglich abgeänderten Epidermiszellen kranzartig umgeben und weichen auch dadurch von den unverholzten Schließzellen (Fig. 2) deutlich ab. Die abgeänderten Epidermiszellen will ich ihres Aussehens und der einfacheren Bezeichnung wegen Kranzzellen nennen. Sie sind nach außen bogenförmig abgerundet, nach innen, gegen die Schließzellen zu, teilweise papillenartig vorgewölbt, so daß die Außenwände der letzteren etwas eingesenkt werden. Jüngere Stadien zeigen nur eine Kranzreihe (Fig. 8), ältere (Fig. 9) deren mehrere, konzentrisch um die Spaltöffnung angeordnet. Am äußeren Umfang des Hügels schließen sich in tieferer Lage die normalen Epidermiszellen an. Ältere Stockwerke zeigen alle Varianten von beginnender und stark fortgeschrittener Umbildung Fig 9 ist noch keines von den größten Höckerchen Im Anfangsstadium speichern die Kranzzellen Scharlachrot wie die Kutikula, in älteren Stadien erhält man die Ligninreaktionen, welche mit den verholzten Schließzellen ausgeführt worden sind. Die Verholzung beschränkt sich nicht auf die Schließzellen allein, sondern erstreckt sich bei fortschreitender Höckerbildung auf die gesamten Zellen des Hügelchens.

Bezüglich der Verteilung der Höckerchen gilt dasselbe wie für die verholzten Spaltöffnungen. Sie sind auf allen Seiten des Rhizomes zu finden. Im einjährigen Stockwerke sind sehr wenige anzutreffen. Mit dem Alter des Rhizomstückes nimmt ihre Zahl zu. An älteren Rhizomstücken finden sich stark ausgebildete Höckerchen mit vielen Kranzreihen, solche mit einer Kranzreihe, verholzte Spaltöffnungen ohne Kranz und unverholzte Spaltöffnungen. Verholzung und Höckerbildung scheinen bis ins relativ späte Alter stattzufinden.

Die Verholzung der Schließzellen in Verein mit der thylloiden Verstopfung setzt die Spaltöffnungen außer Funktion. Es fragt sich nun, soll durch diese Einrichtung die Transpiration des Rhizomes an diesen Stellen ausgeschaltet werden oder ist sie ein Schutzwall gegen eindringende Pilze?

Sehr vereinzelt konnte ich auch bei *Convallaria majalis* Kranzbildung mit ein bis zwei Reihen um jene schon beschriebenen, vermutlich nekrotischen Schließzellen beobachten.

Außer diesen Schließzellenhöckerchen treten bei den Polygonateen auch Höckerchen auf, die von keinen Spaltöffnungen gekrönt werden. Sie ähneln ansonsten den ersteren im Bau, sowohl im Flächen- als auch im Querschnitt und zeigen das gleiche chemische Verhalten. Sie bestehen mithin auch aus später verholzenden Kranzzellen und darunterliegenden verholzenden Korkzellen. Sie treten nur an älteren Rhizomabschnitten, zwar nicht regelmäßig, aber ziemlich häufig auf und scheinen kleinen Wundausheilungen zu entsprechen. Beide Arten von Höcker fallen schon unter schwacher Lupenvergrößerung als Wärzchen ins Auge.

---

[1] Molisch, H., Mikrochemie, l. c., p. 344 bis 345.

[2] Molisch, H., Mikrochemie, l. c., p. 154 bis 159.

[3] Joachimowitz, M., l. c.

Spaltöffnungsfreie Höcker konnte ich auch an älteren Rhizomteilen von *Convallaria majalis* beobachten. Im Lumen der Zellen finden sich in der Regel jene gelben oder roten Sekretmassen, von denen schon mehrmals die Rede war.

3. Die Änderungen des Diameters.

Der Diameter des Querschnittes in den aufeinanderfolgenden Stockwerken einer Rhizomkette weist oft große Unterschiede auf. Auf mehrere schwache Stockwerke folgen oft besonders starke. Zwischen kräftige Stockwerke erscheint ein auffallend schwaches eingeschaltet. Bei vielen Exemplaren sind die ältesten Stockwerke bedeutend schwächer als die jüngeren. Es fragt sich nun, waren die schwächeren Stockwerke immer schwächer oder sind sie erst nachträglich durch Reservestoffabgabe so geworden? Ferner, ist das Dicker- oder Dünnersein eines Stockwerkes von der Anzahl der Zellen oder den Zelldimensionen abhängig? Ich habe deshalb unter dem Mikroskop mit Hilfe eines Meßtisches Zählungen und Messungen vorgenommen und auf diese Weise untersucht: *Polygonatum multiflorum, P. officinale, P. latifolium, P. verticillatum, Paris quadrifolia* und *Asarum europaeum*. Bei *Anthericum ramosum* wurde das Verfahren unterlassen, weil die geringe Längsausdehnung der Stockwerke und die stark wechselnden Durchmesser infolge der kugeligen Gestalt der Rhizomabschnitte die Herstellung von Schnittserien einander entsprechender Zonen unmöglich machten.

Bei den aufgezählten Pflanzen hat es sich gezeigt, daß einem größeren Diameter im allgemeinen eine größere Zellenzahl entspricht und umgekehrt. Ein größerer Querschnitt weist auch im allgemeinen größere Zelldimensionen auf. Der Diameter des Querschnittes ist mithin von der Anzahl der Zellen und den Zelldimensionen abhängig, doch so, daß der erste Faktor in der Regel überwiegt. Aus der prallen Beschaffenheit der Zellwände, meist bis ins älteste Stockwerk, kann man schließen, daß sich die ursprünglichen Zelldimensionen nicht oder kaum geändert haben. Folglich dürften sich auch die Diameter der Querschnitte nicht oder kaum geändert haben. Bloß das älteste und zuweilen auch das sich diesem anschließende Stockwerk zeigen bei manchen Exemplaren etwas schlaffe Zellwände, sodaß hier eine geringe nachträgliche Herabsetzung der Dimensionen in Betracht gezogen werden muß.

Die rein makroskopische Betrachtung hat ferner ergeben, daß drei Entwicklungsformen unterschieden werden können: Erstens Sproßketten, die trotz aller Schwankungen des Diameters in den einzelnen Stockwerken eine Zunahme der Dimensionen in der

Wachstumsrichtung gegenüber den älteren Jahrgängen aufweisen, zweitens solche, die, von kleineren Schwankungen abgesehen, im allgemeinen stagnieren, und drittens Sproßketten, die in ihren älteren Teilen auffallend kräftiger sind als in ihren jüngeren Abschnitten und mithin den Eindruck der Degeneration erwecken. Die unregelmäßigen Schwankungen, die an den meisten Rhizomketten zu beobachten sind, scheinen der Ausdruck wechselnder Ernährungsbedingungen zu sein.

4. Sekundäres Dickenwachstum.

Nach den Ausführungen von Loew und Kirchner[1] befindet sich um den Zentralzylinder des Rhizomes von *Anthericum ramosum* eine deutlich entwickelte Endodermis mit verdickten Seiten- und Innenwänden. In manchen Quer- und allen Längsschnitten habe ich auf kürzere oder längere Strecken derart gestaltete Zellen gefunden. Ihnen gegenüber stehen andere Querschnitte, wo nicht die Spur von derartigen Endodermiszellen zu sehen ist. An der bezeichneten Stelle konnte ich hingegen auf kürzere oder längere Strecken eine meristemartige Teilungszone beobachten. Fig. 10 stellt eine Querschnittspartie von einem sechsjährigen Rhizomstück von *Anthericum ramosum* dar. Mit »*m*« ist die meristemähnliche Teilungszone bezeichnet. Frisches Material eignet sich zur Beobachtung besser als Alkoholmaterial. Ich konnte Teilungszonen auf kürzere oder längere Strecken selbst an einem fünfzehnjährigen Stockwerk noch deutlich erkennen. Durch die Teilungstätigkeit entstehen Rindenzellen, die zunächst tangential gestreckt sind, peripheriewärts isodiametrisch werden. Dieses sekundäre Dickenwachstum der Rinde steht offensichtlich in Zusammenhang mit der Peridermtätigkeit. Loew und Kirchner[1] berichten bloß, daß abwechselnde Lagen von Kork und verholztem Parenchym die äußeren Schutzschichten darstellen. Ich konnte am jüngsten Stockwerk im Frühsommer stellenweise noch einfache Epidermis feststellen, stellenweise Periderm knapp unter der Epidermis. Im Herbste zeigten die jüngsten Stockwerke ringsum eine Peridermzone; zuweilen ist stellenweise eine zweite Peridermzone angelegt. In vorjährigen Stockwerken sind meist zwei Peridermzonen ausgebildet. Ältere Stockwerke zeigen stets mehrere Peridermzonen, die jede Teile der Rinde nach außen abschneiden. Die abgestorbenen Rindenteile lösen sich leicht los, weshalb man die Peridermtätigkeit schwer verfolgen kann. Dort, wo Wurzeln abzweigen, halten sich die Peridermzonen etwas länger. Doch scheint der Tätigkeit des Periderms und Meristems nach einiger Zeit eine Grenze gesetzt zu sein, weil das Rindenparenchym in älteren Stockwerken auffallend schmal ist.

---

[1] Kirchner, Loew, Schröter, l. c., 14. Lief., p. 310 bis 317.

An der Innenseite meristematischer Zonen macht es, allerdings sehr vereinzelt, den Eindruck, als ob ein neues Gefäßbündel angelegt würde. Fig. 10 zeigt ein neu angelegtes Gefäßbündel »*g*« und ein älteres »*G*«. Das Meristem am Umfange des Zentralzylinders hat also die Fähigkeit, nach außen Rindenparenchymzellen und, wie es scheint, nach innen, wenn auch äußerst sporadisch, neue Gefäßbündel zu entwickeln, welche den vorhandenen aufgelagert werden. Es scheint wenigstens potentiell sekundäres Dickenwachstum in zentripetaler und zentrifugaler Richtung zu bestehen. Das Rhizom von *Anthericum ramosum* wäre somit ein neuer Fall von sekundärem Dickenwachstum unter den Monokotylen. Bei den Familien der Dracaeneen, Yucceen, Aloineen, Dioscoreaceen, bei *Cordyline* und *Aletris* ist ausgiebiges Dickenwachstum[1] bekannt. Mougin[2] hat in bestimmten Rhizompartien von *Convallaria majalis* eine sekundäre Zuwachszone entdeckt, die zentrale und periphere Zellgewebe, Gefäßbündel etc. entwickelt. Bei meinen Untersuchungen des Rhizomes von *Convallaria majalis* im Anschlusse an *Anthericum* habe ich auch den Eindruck eines derartig bestehenden Verhaltens gehabt, ohne von dieser Arbeit zu jenem Zeitpunkte noch Kenntnis zu haben.

Die Endodermis taucht im Rhizom von *Anthericum ramosum* dort auf, wo Wurzelabzweigungen getroffen werden. Mir macht es den Eindruck, daß die Endodermis der Wurzel angehört, deren Achsenzylinder bis zum Achsenzylinder des Rhizomes begleitet und sich noch auf eine kürzere oder längere Strecke zwischen Achsenzylinder und Rinde des Rhizomes einschiebt. Auf diese Weise erfährt das Wurzelgewebe eine scharfe seitliche Abgrenzung gegen das Rhizomgewebe. Zweigen in ungefähr gleicher Höhe zwei oder mehrere Wurzeln ab, so kann man den Eindruck einer Rhizomendodermis gewinnen, die durch die Zentralzylinder der Wurzeln eine Unterbrechung erfährt. Manche Rhizomquerschnitte zeigen auf kürzere oder längere Strecken Endodermiszellen, obwohl von Wurzelabzweigungen nichts zu sehen ist. Ich glaube, daß in diesem Falle Wurzelregionen gestreift worden sind.

Von *Asarum europaeum*[3] ist bekannt, daß im Rhizom stellenweise interfaszikuläres Kambium auftritt, welches zusammen mit dem Faszikularkambium ein sekundäres Dickenwachstum in sehr beschränktem Maße verursacht. Das ist nichts Absonderliches, da *Asarum* eine dikotyle Pflanze ist und bei diesen nach den Untersuchungen Hollsteins[4] das sekundäre Dickenwachstum im Rhizom eine häufige Erscheinung ist. *Anemone ranunculoides* zeigt trotz seiner Zugehörigkeit zu den Dikotylen kein nachträgliches Dickenwachstum.

---

[1] Haberlandt, G., Physiol. Pflanzenanatomie. 5. Aufl., Leipzig 1918, p. 608 und 641.

[2] Mougin, N., Note sur la zone d'accroissement du *Convallaria majalis*. Bot. Zentralbl., 39. Bd., p. 194.

[3] Kofler, L., *Asarum europaeum*. Pharmazeut. Zentralhalle f. Deutschl., p. 59, Nr. 42.

[4] Hollstein, O., Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Stengel u. Rhizome von dikot. Alpenpfl. Just's Bot. Jahresber., 35. Jg., I. Bd., p. 126.

C. Nebenbeobachtungen.

1. Kutikulare Verdickungen.

In den Flächenschnitten der Rhizome von *Polygonatum officinale* (Fig. 11) fallen zwischen den Epidermiszellen eigenartige Gebilde (*c*) auf, welche an Siebröhren oder Kalloseplatten erinnern. An Quer- (Fig. 12, *c*) und Längsschnitten entsprechen ihnen mehr oder weniger zwischen zwei Epidermiszellen vorspringende Zapfen, die oft die gegenüberliegende Zellwand erreichen.

Bei Behandlung mit Chlorzinkjod wird bloß der schmale Außenrand der Zapfen violett, der Mittelteil färbt sich kräftig gelb. Anilinblau wird nicht gespeichert, Jodlösung und Schwefelsäure rufen keine Blaufärbung hervor. Die ausgeführten Kutinreaktionen: Verseifung mit Kalilauge, Einlegen in Sudanglyzerin und in Schiff-sches Reagens[1] treten positiv und auf gleiche Weise in der Kutikula, in den Einlagerungen der Flächenschnitte und in den ihnen entsprechenden Zapfen ein. Die fraglichen Gebilde sind mithin Kutineinlagerungen. Sie treten bei Anwendung zelluloseangreifender Reagenzien schärfer hervor, so bei Behandlung mit Salzsäure, Chromschwefelsäure, Kupferoxydammoniak und Eau de Javelle.

Die Kutikularverdickungen treten auf allen Seiten des Rhizomes auf. Sie sind schon am jüngsten Stockwerk mit dem oberirdischen Trieb für das nächste Jahr zu sehen. Die Verteilung ist keine gleichmäßige; daher ist es auch schwer festzustellen, ob mit dem Alter eine Zunahme der Anzahl erfolgt. Manche Stellen der Epidermis scheinen damit übersät, andere zeigen sie spärlicher, ohne daß eine Regel herauszufinden wäre. Oft macht es den Eindruck, als ob sich die Verdickungen gerne um Spaltöffnungen und auf einer Seite der Niederblattnarben gruppierten; andere Schnitte lassen diese Abhängigkeit nicht erkennen. Auf Flächenschnitten sieht man in die Zellwand auch kleinere Kutinmassen eingelagert, die wie Täfelchen erscheinen und durch Größenvariationen alle Übergänge zu den großen Verdickungen in Fig. 11 zeigen. Bei *Polygonatum multiflorum* und *verticillatum* sind diese Verdickungen an Flächenschnitten ebenfalls verhältnismäßig häufig zu sehen, bei *P. latifolium* dagegen ist ihre Zahl geringer. An Querschnitten sind die entsprechenden Kutikularzapfen bei *P. multiflorum* und *P. latifolium* keineswegs auffallend; nur *P. verticillatum* zeigt vereinzelt so weit vorspringende Zapfen wie *P. officinale*.

Ähnliche Verdickungen sind mir auch an den Flächen-, nicht aber auch an den Querschnitten von *Convallaria majalis* aufgefallen. Vereinzelt konnte ich auch an Querschnitten von *Paris quadrifolia* kutikulare Vorsprünge beobachten; es macht mir den Eindruck, als ob sie hier mit der Ausheilung benachbarter Verletzungen im Zusammenhang stünden.

---

[1] Molisch, H., Mikrochemie, l. c., p. 312

2. Verschiedene Beobachtungen.

Bernátsky[1] macht darauf aufmerksam, daß die einheimischen Polygonateen auf Grund ihrer morphologisch und anatomisch abweichenden Rhizome bestimmt werden können. Mir sind noch einige anatomische Unterscheidungsmerkmale aufgefallen, die ich in dieser Arbeit nicht vermerkt finde. Zunächst verweise ich auf die im vorhergehenden Abschnitt behandelten Kutikularzapfen, die nicht bei allen übereinstimmend ausgebildet sind. Einen weiteren Unterschied zeigen die Raphidenschleimzellen. Bei *P. verticillatum* sind sie, im Querschnitt betrachtet, kaum größer als die Parenchymzellen. Die übrigen Polygonateen haben auffallend größere Raphidenschleimzellen. Bei *P. officinale* sind sie besonders zahlreich; auch stoßen in der Regel zwei bis drei aneinander. Die eingelagerten Raphidenbündel sind verhältnismäßig kurz. *P. multiflorum* hat von allen die längsten Raphiden. Entgegen den Behauptungen Bernátsky's,[2] daß *P. verticillatum* das schwächste Rhizom aufzuweisen habe, fand ich, daß das schwächste Rhizom *P. latifolium* zukomme. Bei *P. verticillatum* habe ich Diameter gefunden, welche diejenigen von *P. officinale* übertreffen.

Bei den heimischen Polygonateen treten am Rhizom vereinzelt Zwillingsspaltöffnungen auf. Besonders häufig konnte ich diese Beobachtung bei *P. latifolium* machen. Die paarigen Schließzellen können auch verholzen. Zuweilen ist nur eine von beiden verholzt, zuweilen auch beide. Bemerkenswert erscheint mir auch das nicht allzu seltene Vorkommen von unsymmetrischen Schließzellen; eine Hälfte ist auffallend kleiner wie die andere. Auch bei nachträglicher Verholzung ist diese Asymmetrie noch sichtbar (Fig. 9).

Loew und Kirchner[3] sprechen von sphärokrystallinischen Niederschlagsprodukten im Rhizom vom *Anthericum*. Aus dem Parenchym dünner Schnitte von Alkoholmaterial fallen nach meinen Beobachtungen diese Massen leicht heraus, bleiben aber in den innersten Peridermzellen eingeschlossen und bieten dann dem Auge ein Bild, das an Wurzelknöllchenbakterien der Leguminosen erinnert. Es kann sich aber bloß um Niederschlagsprodukte handeln, weil Kalilauge, Salzsäure, Schwefelsäure u. a. Lösung bewirken und frisches Material diese Erscheinung niemals zeigt.

---

[1] Bernátsky, J., Systemat. Anatomie der Polygonateen. Beibl. zu den »Növénytani Közlemények«. Bd. 5, 1906, p. 23 bis 29.

[2] Kirchner, Loew, Schröter, Lebensgesch. d. Blütenpfl., l. c., 21. Lief., p. 658.

[3] Kirchner, Loew, Schröter, l. c., 14. Lief., p. 310 bis 317.

III. Zusammenfassung.

In der vorliegenden Arbeit sollte gezeigt werden, wie alt die Stockwerke in einem einzelnen Rhizom bei verschiedenen Pflanzen werden können. Dabei ergaben sich auch interessante anatomische Beobachtungen, die hier kurz zusammengefaßt werden sollen:

1. Das Alter, welches das Stockwerk eines Rhizomes im günstigsten Falle erreichen kann, beträgt für

Polygonatum multiflorum	20	Jahre
» *officinale*	16	»
» *latifolium*	8	»
» *verticillatum*	17	»
Anthericum ramosum	17	»
Paris quadrifolia	17	»
Asarum europaeum	14	»
Anemone ranunculoides	7	»

2. Bei den untersuchten Rhizomen konnten mit der Alterszunahme folgende sekundäre Veränderungen festgestellt werden:

a) In der Regel färbt sich die Kutikula dunkler. Einzelne oder ganze Gruppen von Epidermiszellen degenerieren. In vielen Epidermiszellen von *Convallaria majalis* und *Majanthemum bifolium* treten mit dem Alter Sekrettropfen auf.

b) Die Spaltöffnungen am Rhizom der untersuchten Polygonateen erleiden merkwürdige Veränderungen:

α. Der Vorhof der Spaltöffnungen — zuweilen auch der Hinterhof — wird durch einen Pfropfen verstopft, der gegen Reagentien auffallend resistent ist.

β. Ein Teil der Spaltöffnungen verholzt nachträglich. Die verholzten Schließzellen unterscheiden sich von den unverändert bleibenden auch durch ein engeres Lumen, bedeutend dickere Wände und Stärkemangel, so daß von einem Dimorphismus der Spaltöffnungen gesprochen werden kann. Bei *Convallaria majalis* kommt es in einigen Schließzellen zu Verdickungen, aber ohne Ausbildung von Lignin.

γ. Unter den verholzten Spaltöffnungen verschwindet die Atemhöhle durch thylloide Verstopfung. Durch diese wird das Spaltöffnungshügelchen noch stärker emporgewölbt. Bei den Polygonateen und *Convallaria majalis* treten auch Höckerchen ohne Spaltöffnungen auf.

c) In den ältesten Stockwerken von *Polygonatum latifolium* entsteht fast regelmäßig ein zentraler Hohlgang.

d) Das Rhizom von *Anthericum ramosum* scheint zu sekundärem Dickenwachstum fähig zu sein.

Die Endodermis der Wurzel dringt bis zum Achsenzylinder des Rhizomes vor und begleitet diesen noch auf eine kürzere oder längere Strecke, so daß sie den Eindruck einer Rhizomendodermis vortäuscht.

3. Die Dimensionen der Stockwerke eines Rhizomes ändern sich im allgemeinen nachträglich nicht. Die benachbarten Stockwerke zeigen oft auffallende Größenunterschiede. Der Diameter des Rhizomquerschnittes hängt in erster Linie von der Anzahl der Zellen und erst in zweiter Linie von den Zellgrößen ab. Man kann Rhizome unterscheiden, die gegen die Sproßspitze dicker, solche, die schwächer werden und endlich solche, die ihre Dimensionen nahezu beibehalten.

4. Bei den Polygonateen kommen auffallende kutikulare Verdickungen vor, die bei *P. officinale* und *P. verticillatum* im Querschnitt als weit vorspringende Zapfen erscheinen.

Zum Schlusse gereicht es mir zur angenehmen Pflicht, Herrn Hofrat Molisch für die Anregung zu dieser Arbeit und die andauernde Förderung meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Tafelerklärung.

Fig. 1, 5, 6, 7. Querschnitte durch Rhizomspaltöffnungen von *Polygonatum verticillatum*. *a* = Atemhöhle, *p* = Ausfüllungsmasse, *o* = Fetttropfen, t und t_1 = thylloide Zellen.

Fig. 2, 8, 9. Rhizomflächenschnitte mit Spaltöffnungen von *Polygonatum verticillatum*. *p* = Pfropfen.

Fig. 3, 4. Querschnitte durch eine Rhizomspaltöffnung von *Polygonatum multiflorum*. *a* = Atemhöhle, *p* und p_1 = Ausfüllungsmasse, *o* = Fetttropfen.

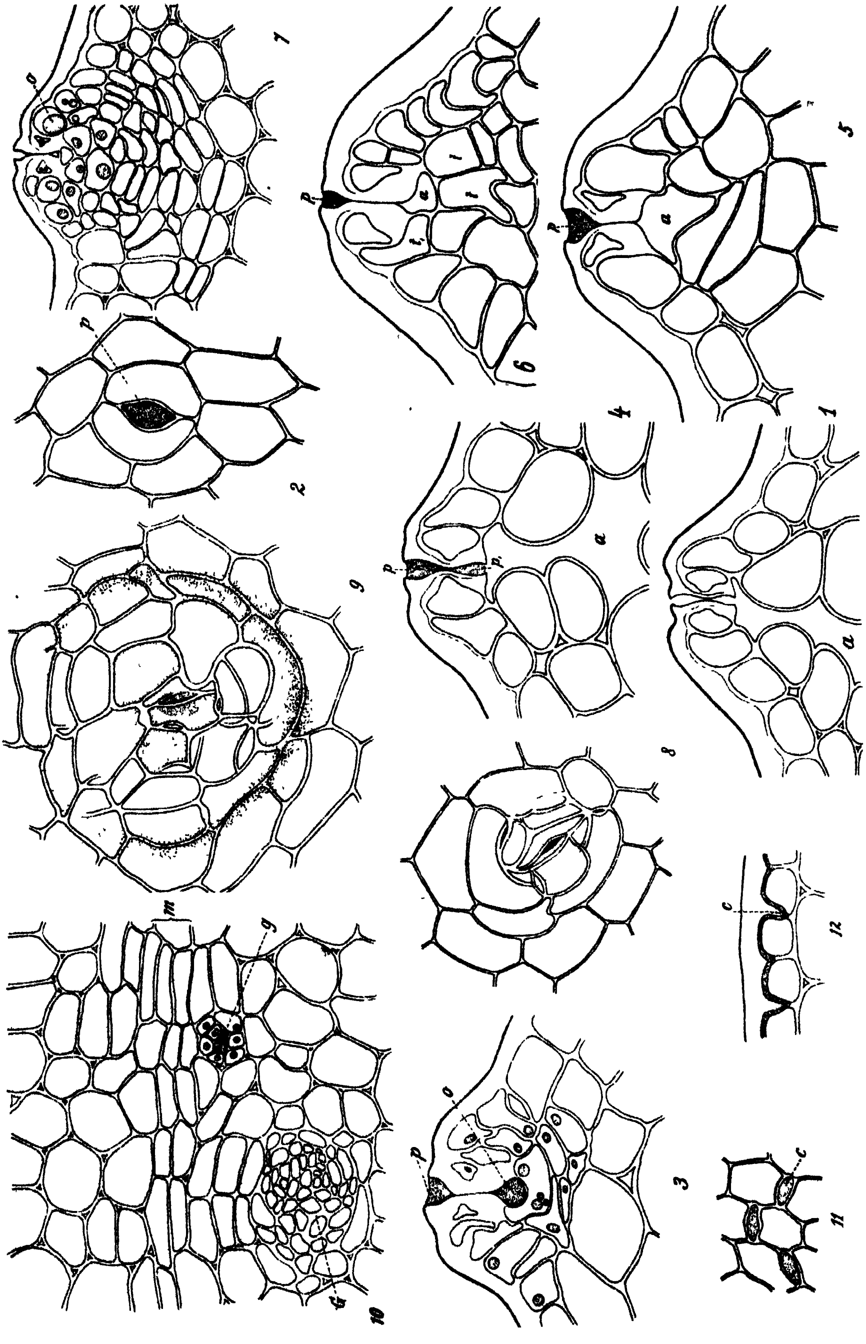
Fig. 10. Partie aus dem Rhizomquerschnitt durch *Anthericum ramosum*. *G* und *g* = Gefäßbündel, *m* = Meristem.

Fig. 11. Epidermis des Rhizomes von *Polygonatum officinale* im Flächenschnitt. *c* = Kutineinlagerung.

Fig. 12. Epidermis des Rhizomes von *P. officinale* im Querschnitt. *c* = Kutinzapfen.

Fig. 1, 12 etwa 240fach, Fig. 11 etwa 200fach, Fig. 7 etwa 150fach und Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10 etwa 260fach vergrößert.

Flamm E.: Lebensdauer und Anatomie einiger Rhizome.



Sitzungsberichte der Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, Abt. I, 131. Bd., 1922.

Der histochemische Nachweis der Flavone

Von

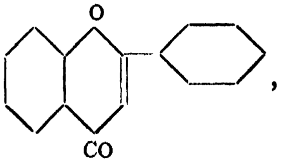
Dr. Gustav Klein

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien
Nr. 173 der zweiten Folge

(Mit 1 Tafel)

(Vorgelegt in der Sitzung am 26. Jänner 1922)

Die natürlichen gelben Beizenfarbstoffe, die Farbstoffe von Hölzern, Rinden, Blättern und Blüten zahlreicher Pflanzen wurden aus praktischen Gründen schon seit etwa 60 Jahren studiert und sind durch die analytischen und synthetischen Arbeiten von **Rochleder**, **Hlasiwetz**, **Herzig**, **Kostanecki**, **Perkin**[1] und vielen anderen genauest bekannt. Sie gehören alle zur Gruppe der Flavone von der allgemeinen Formel



sind untereinander chemisch nahe verwandt und finden sich in der Natur größtenteils als Glykoside. Während nun die Flavonabkömmlinge, die Anthokyane[2] und Anthochlore[3] mikrochemisch schon charakterisiert sind, fehlt uns gerade für diese chemisch bestbekannten Grundstoffe ein histochemischer Nachweis.

---

[1] Die umfangreiche, vielfach bekannte Literatur siehe **Czapek**, Biochemie der Pflanze, II. Aufl., 3. Bd., Jena 1921, p. 408—427, oder in **Abderhalden**, Biochemisches Handlexikon, Berlin 1911, Bd. VI, p. 32—74.

[2] **Molisch** H., Über amorphes und krystallisiertes Anthokyan. Bot. Ztg., 1905, p. 159.

[3] **Klein** G., Studien über das Anthochlor, I und II. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Kl., 1920, Bd. 129, Abt. I, 7. und 8. H., und 1921, Bd. 130, Abt. I, H. 6 und 7.

Herrmann[1] untersuchte die Verbreitung des Rutins auf Grund der allgemeinen Eigenschaft der Flavone, mit Alkalien und Erdalkalien tiefgelbe Lösungen zu geben. Das will freilich nicht viel besagen, da Herrmann selbst die Xanthone ebenso nachwies, da ja auch viele andere Stoffe, wie Eiweiß, Gerbstoffe etc.[2] und die farblosen Flavonglykoside, die Shibata[3] nachwies, mit Alkalien gelbe Färbung geben und überdies vielfach mehrere von diesen Stoffen in demselben Gewebe, ja in derselben Zelle vorliegen. Dazu ist die Alkalifärbung viel zu diffus, um damit Lokalisation nachweisen zu können.

Pavolini und Mayer[4] untersuchten die Verteilung des Rutins in *Sophora japonica* mit Hilfe der Dunkelfärbung von Kaliumbichromat und verdünnter Salzsäure. Auch diese Methode ist bestimmt nicht befriedigend. Denn eine Dunkelfärbung besagt ja nichts, zumal Kaliumbichromat mit Gerbstoffen immer braune Fällungen oder doch Färbungen gibt.[5] Diese Methode gibt höchstens bei Pflanzen, deren reichen Flavongehalt man sonst schon kennt, ungefähre Resultate. Tunmann[6] verwendet die Sublimation zum Nachweis des Quercetins in *Podophyllum peltatum.* Nun lassen sich zwar reines Quercetin und auch Quercitrin in schönen Nadeln und mehrere Millimeter hohen Büschen sublimieren; im Präparat gelingt es aber nur manchmal, bei sehr reichhaltigen Drogen. Sonst erhält man infolge der hohen Temperatur, Schmelzpunkt 285°, nur Verkohlung. Überdies sagt die Sublimation nichts über den Sitz des Flavons. Dagegen konnte Molisch[7] das von ihm gefundene Scutellarin, das nach ihm und Goldschmiedt von den anderen Flavonen etwas abweicht, eindeutig mikrochemisch charakterisieren und auch das Saponarin, das durch die Untersuchungen von Barger[8] als Flavon identifiziert wurde, ist durch diesen und Dufour[9] mikrochemisch greifbar.

---

[1] Herrmann O., Nachweis einiger organischer Verbindungen in den vegetabilischen Geweben. I. Diss., Leipzig, 1876.

[2] Klein G., l. c., I.

[3] Shibata K., Bot. Mag. Tokyo, 29, 1916, p. 118, 301 und 1915, p. 123: Untersuchungen über das Vorkommen und die physiologische Bedeutung der Flavonderivate in Pflanzen, I. Mitt.

[4] Pavolini A. F. und Mayer M., Boll. Soc. Botan. Ital., 1909, p. 81.

[5] Molisch H., Mikrochemie der Pflanze, II. Aufl., Jena, 1921, p. 172.

[6] Tunmann O., Pharm. Zentralhalle, 55, 1914 (619).

[7] Molisch H. und Goldschmiedt G., Über das Scutellarin, einen neuen Korper bei *Scutellaria* und anderen Labiaten. Sitzungsber. d. Ak. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Kl., 60, Abt. I, 1901.

[8] Barger S., Saponarin, ein neues, durch Jod blau gefärbtes Glykosid aus *Saponaria*, Ber. d. d. chem. Ges., Jahrg. XXXV, Heft 7, 1902, p. 1296, und Saponarin, A New Glucoside Coloured Blue with Jodine. From the Transactions of the Chemical Society, 1906, V. 89, p. 1210—1224.

[9] Dufour G., Recherches sur l'amidon soluble et son rôle physiologique chez les végetaux. E. d. Bull. d. l. Soc. vaud. d. scienc. nat., vol. XXI, No. 93.

Alle anderen Flavone sind bisher nicht histochemisch nachweisbar. Den Mangel eines allgemeinen, eindeutigen Nachweises der Flavone hatte ich besonders beim Studium der verwandten Anthochlore,[1] die gelegentlich mit den eigentlichen Flavonen zusammen vorkommen, empfunden und mir zur Aufgabe gesetzt, diese Lücke zu füllen.

Chemische Charakteristik.

Von den allgemeinen, typischen Eigenschaften der Flavone kamen für die histochemische Bestimmung in Betracht: die Löslichkeitsverhältnisse, die charakteristischen Säureverbindungen, die Disazoverbindungen mit Diazobenzolsulfat, die Salze, welche mit Kalium- oder Natriumacetat entstehen, die Fähigkeit, als Beizenfarbstoffe mit Metallsalzen gefärbte Niederschläge zu geben und die Eigenschaft, mit Kupfer- (Fehling'scher Lösung) und Silbersalzen (ammoniakalisches Silbernitrat) schon in der Kälte oder doch in der Wärme Reduktion zu geben.

Mikrochemische Methodik.

1. Die Darstellung der Disazoverbindung sowie der Kali- und Natronsalze konnte nicht ausgenutzt werden.

Die Bildung von Metallniederschlägen wie die Reduktion von Kupfer- und Silbersalzen ließen sich zur näheren Bestimmung der einzelnen Farbstoffe heranziehen, wie später noch gezeigt werden soll.

Die leichte Löslichkeit in Alkali mit tiefgelber Farbe ließ sich zur näheren Prüfung der schon krystallisierten Stoffe verwenden. Nur Molisch[2] konnte die Rotfärbung seiner Scutellarinkrystalle mit Bariumhydroxyd zur sicheren Erkennung verwerten, da dieses als das einzige von allen Flavonen die Rotfärbung zeigt.

Dagegen ließ sich bei der leichten Löslichkeit in Äthyl- und Methylalkohol, mit diesen allein oder in Verbindung mit Alkali, in manchen Fällen auch mit Essigsäure, schöne Krystallisation erzielen, speziell dort, wo die Flavone in großer Menge vorhanden sind (Tabelle I).

---

[1] Klein G., l. c., I und II.

[2] Molisch H., Über das Scutellarin etc., l. c.

Tabelle I.

Krystallisation von Flavonen aus Lösungsmitteln.

Pflanze und Stoff	Organ	Lösungsmittel	Krystallprodukt
Sophora japonica Rutin	Blütenknospen (Gelbbeeren)	Methylalkohol	Mächtige Nadelbüschel und Sphärite (gelbgrün)
Capparis spinosa Rutin	Blütenknospen (Kappern)	»	»
Cornus mas Quercetin	Corolle	»	Gelbe Nadeln
Thuja occidentalis Quercitrin	Blatt	»	Lichtgelbe Sphärite
Petroselinum sativum Apiin	»	»	Lichtgelbe Nadelbüschel
Cytisus scoparius Scoparin	»	»	Lichtgelbe Nadeln
Genista tinctoria Luteolin und Genistein	Blüte und Blatt	»	Lichtgelbe Sphärite
Ruta graveolens Rutin	Blüte	Methylalkohol, heiß	Übersät mit grünlichgelben Nadelbüscheln, auch außen
Reseda luteolas Luteolin	Blüte und Blatt	»	Gelbbraune Sphärite im Gewebe
Rhamnus cathartica Rhamnetin	Beeren	»	Licht- und dunkelgelbe Sphärite und Nadelbüschel
Cheiranthus Cheiri Quercetin	Blüten	»	Schöne gelbe Nadelbüschel
Sophora japonica Rutin	Blütenknospen	»	Übersät mit einfachen, gelbgrünen Nadelbüscheln und Sphäriten
Viola tricolor, wild, Rutin	Blüte	»	Schöne gelbe Nadelbüschel am Rande des Präparates
Viola tricolor, gelbe Gartenform Rutin	»	»	Voll mächtiger gelber Sphärite
Fagopyrum esculentum Rutin	Blatt	»	Gelbe Nadelbüschel
Cornus mas Quercetin	Kelch	»	Gelbe Nadeln

Pflanze und Stoff	Organ	Lösungsmittel	Krystallprodukt
Trifolium pannonicum	Corolle	Methylalkohol, heiß	Tiefgelbe Sphärite und Nadelbüschel
Trifolium medium Quercetin	»	»	»
Populus pyramidalis Chrysin	Winterknospen	»	Sehr viele tiefgelbe Schollen
Delphinium consolida Kämpferol	Blüte	»	Farblose, gelbe Nadelbüschel und große Einzelkrystalle
Vitex litoralis Vitexin	Blatt	»	Braune Sphärite
Viola tricolor Rutin	Corolle	Methylalkohol Ammoniak	Mächtige dunkelgelbe Sphärite
Trifolium pannonicum Quercetin	»	»	Orangegelbe Nadelbüschel
Cornus mas Quercetin	Kelch	»	Gelbe Sphärite
Populus pyramidalis Chrysin	Winterknospen	»	Sehr zarte, gewundene, gelbe Nädelchen
Viola tricolor Rutin	Corolle	5 % alkoh. KOH	Mächtige gelbe Nadelbüschel
Cheiranthus Cheiri Quercetin	»	»	Gelbe Nadelbüschel
Pirus malus Quercitrin	Rinde	»	Sehr viele gelbe Sphärite
Cornus mas Quercetin	Kelch	»	Gelbe Schollen und Nadelbüschel
Reseda luteola Luteolin	Corolle	»	Dunkelgelbe Tetraeder
Populus pyramidalis Chrysin	Winterknospen	Ammoniak	Gelbe Nadelbüschel und sehr viele gekrümmte Nadeln
Reseda luteola Luteolin	Corolle	»	Gelbe Sphärite
Quercus tinctoria Quercetin	Rinde	Essigsäure, heiß	Tiefgelbe Nadelbüschel und Garben
Globularia Alypum Rutin	»	»	Gelbe Nadeln

Pflanze und Stoff	Organ	Lösungsmittel	Krystallprodukt
Leucojum vernum	Blüte und Blatt	Essigsäure, heiß	Dichtes Geflecht von gelben Nadelbüscheln
Gagea lutea	»	»	Dunkelgelbe Sphärite und Nadelbüschel
Saponaria officinalis Saponarin	»	»	Farblose Krystallbüschel + J + JK blau
Cassia angustifolia Isorhamnetin	Sennesblätter	»	Sehr viele tiefgelbe Sphärite
Anthemis nobilis Apiin	Blatt	»	Lichtgelbe Nadelbüschel und Sphärite + HNO_3 orangerot
Rhus Cotinus Fisetin	Fisetholz	Aceton	Dunkelgelbe Sphärite

Allgemein und lokalisiert ist es freilich so nicht möglich, die Flavone nachzuweisen.

2. Wohl aber gelang es, von dem Gedanken ausgehend, daß die Flavonkörper einerseits in Säuren unlöslich sind, andrerseits vielfach krystallisierte Säureprodukte geben, mit der Säuremethode die Flavone durchwegs einheitlich inner- und außerhalb des Gewebes zu krystallisieren.

Schwefelsäure gab weder als solche, noch in Eisessigmischung (wie sie Perkin zur Darstellung des Sulfates anwandte) gute Resultate; denn verdünnt wirkt sie nicht, da der Eisessigüberschuß die Flavone löst, und konzentriert zerstört sie das Gewebe.

Schon Molisch hat bei der Untersuchung des Scutellarins mit Salzsäure Krystalle erhalten und darauf seinen Nachweis gegründet, indem er das Material in 1 % Salzsäure kochte oder eine Stunde in 10 % einlegte oder mit Salzsäuredampf in geschlossenen Dosen behandelte. Ich konnte nun feststellen, daß bei allen Flavonen mit den Halogensäuren Krystallisation eintritt, am schnellsten und sichersten mit Salzsäure, langsamer mit Bromwasserstoff- und der leicht zersetzlichen Jodwasserstoffsäure. Das Einlegen in Säure erwies sich nicht günstig, da die verdünnten Säuren zu langsam oder gar nicht wirken, die konzentrierten aber das Gewebe zu sehr zerweichen und die Krystalle nicht an Ort und Stelle entstehen. Überdies gelingt die Krystallbildung so nur bei reichlich vorhandenem Flavon (*Viola, Rhamnus, Sophora,* Tabelle II).

Tabelle II.

Darstellung des Violaquercitrins bei verschiedener Säurekonzentration im Röhrchen.

Reagens	Zeit der Einwirkung	Temperatur	Erhaltenes Krystallprodukt
10 % HCl	48^h	Kalt	Tausende von gelben Tropfen
»	1^h	80°	Im farblosen Gewebe das Flavon zu gelbbraunen Massen zusammengeschlossen
Konz. HCl	24^h	Kalt	Teilweise Sphärite, sonst große Schollen
»	10^m	80°	Größtenteils schöne Nadelbüschel
HCl-Dampf	48^h	Kalt	Teilweise Sphärite, sonst gelbe Massen
»	1^h	80°	Mit Sphäriten übersät
HCl-Dampf am Sublimationsring	$\frac{1}{2}^h$	40°	Mit schönen Nadelbüscheln übersät

Dagegen hat sich das Einwirkenlassen in Dampfform vorzüglich bewährt. Ich verwende dazu einen Sublimationsring. Auf einen hohlen Objektträger kommen einige Tropfen rauchende Salzsäure, darüber ein 4 bis 6 *mm* hoher Glasring und auf diesen das Deckglas mit einem Gewebsstückchen oder Schnitte. Die fertigen Objektträger kommen in einen Trockenschrank bei 40° C. Höher darf die Temperatur nicht steigen, da die Salzsäure zu schnell abdampft und überdies die Präparate sehr dunkel (braun bis schwarz) werden. Nach $^1/_4$ bis $^1/_2{}^h$ ist die Salzsäure nahezu abgedampft und die Flavone immer krystallisiert. Diese Methode hat den großen Vorteil, daß sie ganz mikrochemisch ist, das Arbeiten mit größeren Mengen rauchender HCl vermeidet und kleine Gewebsstückchen zur Probe genügen. Dazu kann man eine ganze Serie von Reaktionen zugleich im Trockenschrank durchführen.

Der in der Wärme einwirkende HCl-Dampf scheidet die Flavone an Ort und Stelle ab, so daß man die ursprüngliche Verteilung vor sich hat. Nach dem Abdampfen hat man die Schnitte nur mehr feucht auf dem Deckglas. Man kann nun direkt auf dem Ring oder nach Übertragung auf einem anderen Objektträger untersuchen. Die Präparate sind meist durchsichtig genug. Sollten sie infolge vorhandener Gerbstoffe etc. zu dunkel geworden sein, hellt man mit

Chloralhydrat-HCl (5 T. wässeriges Chloralhydrat + 2 T. HCl) auf. Reines Chloralhydrat löst die Flavone mehr oder weniger auf.

Bei Einwirkung von Jodwasserstoff färbt das durch Zersetzung freiwerdende Jod die Zellelemente tiefbraun, respektive das JH die Zellulosemembranen violett, weshalb man vor dem Untersuchen zuerst mit H_2O oder Glyzerin waschen muß. Dann findet man die gelben Nadelbüscheln meist auf violettem Grund.

Die Form und Farbe der krystallisierten Flavone richtet sich nach ihrer Konzentration und der Reaktionstemperatur. Bei höherer Flavonkonzentration bilden sich meist Sphärite, bei geringerer Nadelformen. Bei höherer Temperatur (50 bis 60°), also energischerem Einwirken entstehen fast nur Sphärite oder Schollen, die vielfach braun sind, bei langsamem Einwirken die charakteristischen Nadelkugeln, -büschel etc. von schön gelber Farbe. Besonders bei gelben, carotinhaltigen Blüten ist das Bild sehr schön. Das Carotin gibt mit den Salzsäuredämpfen eine schöne beständige Blaufärbung wie mit Schwefelsäure und man sieht darin die gelben Flavonspieße zwischen und über dem blau gefärbten Carotin, da dieses meist im Grundgewebe, das Flavon in der Epidermis liegt (*Viola, Cheiranthus, Ruta*). Die Produkte der einzelnen Halogensäuren sind bei gleichen Bedingungen immer gleich, untereinander aber deutlich verschieden und sehr charakteristisch. So bildet *Viola tricolor* mit HCl schöne Büschel von gelben Spießen, mit HBr sehr schöne, feine, schwach gelbe Dendrite und Büschel aus langen, feinen Nadeln und mit HJ immer tiefgelbe Nadelbüschel.

Zum Durchprüfen wurde nur mit HCl gearbeitet, HBr und HJ nur zum Vergleich herangezogen. Eine andere Frage ist die, welche chemische Zusammensetzung die gebildeten Produkte haben. Sind es die reinen Flavone, die durch die Säure abgeschieden werden oder sind es Säureprodukte? Die bei den einzelnen Halogensäuren verschiedene Form und Farbe der Krystalle sprechen für letzteres.

Nun zersetzen sich die Halogenverbindungen relativ leicht in Wasser. In den Salzsäurepräparaten konnte hier keine Zersetzung bemerkt werden, wohl aber bei den beiden anderen. Die lichtgelben HBr-Präparate verfärben sich bei Wasserzutritt in Gelbbraun bis Braun und krystallisieren von den feinen Nadelbüscheln in Schollen um, die HJ-Krystalle lösen sich. — Freilich bilden einige Flavone aus Konstitutionsgründen (Chrysin, Apigenin und Kämpferol) keine Säureprodukte und ließen sich hier trotzdem krystallisieren. — Die Frage läßt sich natürlich auf diesem qualitativen Wege nicht entscheiden und ist für diese Zwecke auch nicht wesentlich. Sicher ist, daß die in Glykosidform vorliegenden Flavone bei der Säurebehandlung nicht gespalten werden, wie die Vergleichsreaktionen in der folgenden Tabelle III zeigen.

Histochemische Untersuchung.

Mit der beschriebenen Methode wurden zuerst die Pflanzen mit genau bekannten Flavonen untersucht (Tabelle III), dann, soweit es möglich war, die Literaturangaben über chemisch weniger genau studierte Flavonvorkommen überprüft (Tabelle IV); schließlich wurden viele gerade erreichbare Pflanzen unserer Flora, von denen bisher kein Flavon bekannt war, daraufhin angesehen und in einer ansehnlichen Zahl Flavone gefunden (Tabelle V). Dann zeigte es sich, daß nicht nur frische, sondern auch getrocknete Pflanzen zum Nachweis herangezogen werden können, ein neuerlicher Beweis für die Brauchbarkeit der Methode. Man braucht die trockenen Proben nur vorher mit warmem Methylalkohol zu durchfeuchten und feucht zur Probe aufzustellen. So konnten in den meisten Fällen bei 50 bis 70 Jahre altem Herbarmaterial und Drogen die Flavone nachgewiesen werden, freilich nicht so schön wie an frischen. Man erhält meist Drusen im Gewebe und Nadeln oder Nadelbüschel von dem durch den Alkohol gelösten Flavon am Rande des Präparates.

Es war nun das Bestreben, die krystallisierten Körper als Flavone zu identifizieren und womöglich ihre Zugehörigkeit zu den einzelnen Individuen der Flavongruppe festzustellen.

Zur Identifizierung wurden jedesmal die Löslichkeitsverhältnisse, und zwar hauptsächlich in Methyl- oder Äthylalkohol, Essigsäure, Äther, Ammoniak, Bariumhydroxyd und Chloralhydrat herangezogen. In Äther sind alle Flavone im Gegensatz zu eventuell störenden Anthrachinonen unlöslich, in Alkohol alle zumindest in der Wärme leicht löslich, in Essigsäure verschieden, aber meist in der Hitze löslich, in Ammoniak immer sofort mit tiefgelber bis orangegelber Farbe; in Bariumhydroxyd sind sie meist unlöslich, werden aber dunkelgelb bis braun gefärbt (im Gegensatz zum Scutellarin, das rot wird), in Chloralhydrat werden sie immer tiefgelb, manche sind ziemlich gut, manche wenig löslich, nach einigen Tagen sind sie aber immer mehr minder abgeschmolzen, im Gegensatz zum Hesperidin, von dem sie ja auch durch die leichte Löslichkeit in Alkohol und Essigsäure unterschieden sind.

Zur näheren Charakteristik der einzelnen Flavone wurde die Färbung mit Eisenchlorid (5 % alk. $FeCl_3$), die Bleiacetatfällung (alk. gesättigte Bleiacetatlösung) sowie die Reduktion von Fehlingscher Lösung und 1 % ammoniakalischer Silbernitratlösung benutzt. Bei den bekannten Flavonen wurden die Resultate mit den makrochemischen Angaben fast immer in Einklang gefunden. Wie die Tabelle zeigt, können die bekannten Flavone mit wenigen Proben histochemisch nachgewiesen werden. Freilich kommen manchmal in derselben Pflanze und auch im selben Organ mehrere Flavone zusammen vor; dann ist ein Auseinanderhalten der einzelnen chemischen Individuen nicht möglich.

Tabelle

Flavon	Farbe	Pflanze	Organ	Krystallprodukt mit Salzsäure
Quercetin 1, 3, 3', 4'-Oxyflavonol	Zitrongelb	*Quercus tinctoria*	Rinde	Tiefgelbe Nadeln, Plättchen und Sphärite
		Rhus cotinus	»	Sphärite und braune Schollen
		Cheiranthus Cheiri gelb	Blüte	In den Papillen schöne gelbgrüne Kugelbüschel
		Prunus spinosa	»	Gelbe Nadelbüschel und Sphärite
		Trifolium repens	»	»
		Ailanthus glandulosa	Blatt	Übersät mit gelbbraunen Sphäriten
		Hippophaë rhamnoides	Beere	Gelbe Nadelbüschel und Sphärite
Quercitrin-Quercetin-rhamnosid	Lichtgelb	*Aesculus Hippocastanum*	Blatt	Gelbliche Sphärite
		»	Blüte	Sehr viele gelbe Büschel mit geraden und krummen Nadeln
		Humulus lupulus	Blatt	Gelbbraune Sphärite
		Fraxinus excelsior	»	Gelbe Sphärite
		Thea chinensis	»	Voll gelber Sphärite
		Calluna vulgaris	»	Gelbbraune Sphärite und Krystallbüschel
		Thuja occidentalis	»	Im Blatt gelbe Sphärite, außerhalb lichtgelbe Nadelbüschel

---

* Erklärung: † bedeutet wenig, †† ziemlich

III.

Menge	Fe Cl$_3$	Bleiacetat	Ba(OH)$_2$	Fehlingsche Lösung	Ammon. AgNO$_3$	Anmerkung
††††*	Dunkelgrün	Ziegelrot	Dunkelgelb, ungelöst	Heiß reduziert		In der Droge nur Quercetin
††	»	»	»	»	»	Droge
†††	Schwarzgrün	»	»	»	»	HBr: rotgelbe Büschel; frisch und Herbar, neben Isorhamnetin
††	»	»	»	»	»	»
†††	Braungrün	»	»	»	»	Frisch
†††	Dunkelgrün	»	»	»	»	»
††	»	»	»	»	»	Frisch und Droge
††	Dunkelgelb	Tiefgelb	Dunkelgelb, ungelöst	Schwach	Stark	Frisch
††††	»	»	»	»	»	Frisch und Herbar
††	»	»	»	»	»	Frisch
††	»	»	»	»	»	»
†††	»	»	»	»	»	Trockene Handelsware
††	»	»	»	»	»	Frisch und Herbar
††	Gelb bis Braungrün	Tiefgelb	Grünlich	Teilweise schon kalt reduziert		Alk. NH$_3$ grünlich, nach Perkin ist noch ein anderes Flavon vorhanden

viel, ††† viel, †††† sehr viel Flavon.

Flavon	Farbe	Pflanze	Organ	Krystallprodukt mit Salzsäure
Quercetin und Quercitrin	Zitrongelb	*Pirus malus*	Rinde und (Blatt)	Große, sehr schöne, zitrongelbe Garben und Nadelbüschel (vereinzelte Sphärite)
		Viola odorata	Blüte	Gelbe Nadelbüschel und Sphärite
		Crataegus oxyacantha	Blüte	Große gelbe Sphärite und Nadelbüschel
		Allium Cepa	Zwiebelschuppe	Zellen erfüllt mit tiefgelben Sphäriten und auch Nadelbüschel
		Rumex obtusifolius	Fruchtschwielen	Übersät mit gelben Sphäriten
Rutin = Sophorin = Violaquercitrin = Myrticolorin = Quercetindirhamnosid	Hellgelb-gelbgrün	*Ruta graveolens*	Blüte	Auf blauem Grunde schöne gelbgrüne Nadelbüschel
		Sophora japonica (chines. Gelbbeeren)	Blütenknospen	Voll mächtiger dunkelgelber Sphärite und Nadelbüschel
		Capparis spinosa (Kappern)	»	»
		Viola tricolor	Blüte	Herrliche gelbe Nadelbüschel, die dunkelgelben Blüten voll Sphärite Fig. 3
		Fagopyrum esculentum	Blatt	Dunkelgelbe, feine Nadelkugeln und gelbbraune Sphärite
		Polygonum convolvulus	»	Sehr viele gelbe Sphärite
		Globularia Alypum	»	»
		Eucalyptus macrorhyncha	»	»
Rhamnetin = Quercetinmonomethyläther zusammen mit Xanthorhamnin = Rhamnetinrhamnogalaktosid	Tiefzitrongelb	***Rhamnus cathartica*** **(Kreuzbeeren)**	**Beere**	**Eigelbe Büschel, Garben und Sphärite HBr und HJ orange**

Menge	Fe Cl_3	Bleiacetat	Ba $(OH)_2$	Fehlingsche Lösung	Ammon. Ag NO_3	Anmerkung
††† (†)	Dunkelgelb oder dunkelgrün	Dunkelgelb oder ziegelrot	Dunkelgelb	Heiß reduziert		In manchen Rinden ist Quercetin, in anderen Quercitrin, Fig. 7
††	Dunkelgelb, dann grün	Dunkelgelb, dann orange	»	»	»	Wohl beide Stoffe zusammen vorhanden
†††	Braungrün	Braungelb	Braun	»	»	Herbar
††††	»	»	Dunkelgelb	»	»	H Br mächtige, gelbbraune Rosetten, HJ gelborange Schollen
†††	»	»	»	»	»	Herbar
†††	Dunkelgrün	Orangegelb	Gelbbraun ungelöst	Heiß reduziert	Kalt reduziert	Frisch und Herbar
††††	Olivgrün	Orange	»	»	»	Auch im Blatt
†††	»	»	»	»	»	Blatt voll kleiner brauner Sphärite
††††	»	Orangegelb	»	»	»	HBr lange, dünne, lichtgelbe Krystallbäumchen, Fig. 4. HJ orangegelbe starke Nadeln
†††	»	»	»	»	»	—
†††	»	»	»	»	»	—
††	Braungrün	Orange	»	»	»	Herbar
††	Dunkelgrün	Orangegelb	»	»	»	Droge
††††	Braun	Orange	Dunkelgelb ungelöst	Warm reduziert	Kalt reduziert	NH_3 löst orange, neben Rhamnetin auch viel Kämpferol, Fig. 5

Flavon	Farbe	Pflanze	Organ	Krystallprodukt mit Salzsäure
Isorhamnetin	Gelb	*Cheiranthus Cheiri*	Blüte	Gelbgrüne Nadelkugeln
		Trifolium pratense	»	Voll gelber Sphärite
		Cassia angustifolia (Sennablätter)	Blatt	» » »
Ein Quercetin-methyläther	—	*Tamarix gallica*	Blüte und Blatt	Große und viele kleine Sphärite
Myricetin = 5'-Oxy-quercetin	Hell-gelb	*Rhus Cotinus*	Blatt	Gelbe Sphärite
		Rhus coriaria	»	» »
		Pistacia lentiscus	Galle	» »
		Arctostaphylos uva ursi	Blatt	Gelbe Nadelbüschel und Garben
Fisetin = 3, 3', 4'-Tri-oxyflavonol	Zitron-gelb	*Rhus Cotinus*	Holz	Dunkelgelbbraune Sphärite
		Schinopsis Balonsae (Quebrecho colorado)	»	» »
Apigenin = 1, 3, 4'-Oxy-flavon neben Apiin = Apigenin-diglucosid und einem Oxyapiin-methyläther	Gelb-lich-weiß, farblos	*Matricaria Chamomilla*	Blüte	Lichtgelbe Nadelbüschel
		Anthemis nobilis	»	Lichtgelbe Sphärite
		Petroselinum sativum	Blatt und Blüte	Lichtgelbe Nadelbüschel und gelbe Sphärite
		Apium graveolens	»	»
Chrysin = 1, 3-Dioxy-flavon	Gelb	*Populus*-Arten	Winter-knospen	Meist eine Unzahl von tiefgelben Schollen, vereinzelt feine Nadeln

Menge	Fe Cl_3	Bleiacetat	Ba $(OH)_2$	Fehlingsche Lösung	Ammon. Ag NO_3	Anmerkung
†††	Schwarzgrün	Orangegelb	Gelb ungelöst	Heiß reduziert	Kalt	Neben Quercetin
†††	»	»	»	»	»	Frisch und Herbar
††	»	»	»	»	»	Droge (1875)
††	Gelbgrün	Dunkelgelb	Gelb ungelöst	Heiß reduziert	Kalt	—
††	Braunschwarz	Gelbbraun	Gelb ungelöst	Heiß reduziert	Kalt	+ NH_3 oder verdünnte KOH
††	Blaugrün	»	»	»	»	Gelbgrün-Blauviolett
††	Dunkelgrün	»	»	»	»	
†††	»	»	»	»	»	—
††	Grünschwarz	Orangerot	Gelbbraun	Heiß reduziert		Droge
††	»	»	Ungelöst	»	»	»
††	Schwarzbraun	Dunkelgelb	Gelb ungelöst	Heiß reduziert	Kalt	Droge und frisch, HNO_3 gelb gelöst
††	Rotbraun	»	»	»	»	Droge, HNO_3 orangegelb
††	»	Gelbbraun	»	»	»	HNO_3 orangegelb, NH_3 orangerot
†††	»	»	»	»	»	» Siehe p. 19
††††	Schmutzigviolett	Dunkelgelb	Tiefgelb	Heiß reduziert		Sehr störend das viele Harz, Populin und Salicin

Flavon	Farbe	Pflanze	Organ	Krystallprodukt mit Salzsäure
Luteolin = Oxyapigenin = 1, 2, 3', 4'-Oxyflavon	Gelb	*Reseda luteola* *Digitalis purpurea*	Blüte und Blatt Blatt	Gelbbraune Nadelbüschel und Sphärite, an der Oberseite wenig, unten viel Voll gelber Sphärite
Genistein	Farblos	*Genista tinctoria*	Blüte und Blatt	Gelbbraune Nadelbüschel und große gelbe Sphärite
Morin-1, 3, 3', 4'-Oxyflavonol	Farblos	*Chlorophora tinctoria* *Morus tinctoria*	Gelbholz	Dunkelgelbe Sphärite und lichtgelbe Nadeln
Vitexin	Zitrongelb	*Vitex litoralis*	Blatt	Gelbe Sphärite
Als Glykosid Saponarin	Schwachgelb	*Saponaria offic.*, *Gagea lutea*, *Bryonia dioica* etc., *Madotheca platyphylla*	Blatt Thallus	Gelbliche Sphärite und lichtgelbe Nadelgeflechte
Scoparin = Methoxyvitexin	Hellgelb	*Cytisus scoparius*	Blatt	Lichtgelbe Sphärite und bräunliche Nadelbüschel
Kämpferol = 1, 3, 4'-Oxyflavonol	Hellgelb	*Delphinium consolida* *Prunus spinosa* *Rhamnus cathartica* *Alpinia officinarum* *Polygonum tinctorium*	Blüte » Beere Rhizom Blatt	Lange gelbe Nadelbüschel und sehr viele Sphärite Gelbe Nadelbüschel und Sphärite » Gelbe Sphärite Lichtgelbe Sphärite
Robinin, Rhamnoglykosid	Hellgelb	*Robinia pseudacacia*	Blüte	Lichtgelbe Nadeln und Sphärite
Lotoflavin im Nitrilglykosid Lotusin	Gelb	*Lotus arabicus*	Blüte und Blatt	Orangegelbe Krystallklumpen
Scutellarin	Gelb	*Scutellaria*-Arten	Blatt	Gelbe Nadelbüscheln

Menge	$FeCl_3$	Bleiacetat	$Ba(OH)_2$	Fehlingsche Lösung	Ammon. $AgNO_3$	Anmerkung
†††	Gelbgrün	Gelborange	Dunkelgelb ungelöst	Heiß reduziert		HJ goldgelbe Nadeln, Fig. 8, NH_3 orangegelb gelöst und umkrystallisiert
††	Olivgrün	»	»	»	»	H_2SO_4 orangerot
†††	Gelbbraungrün	Gelb	Gelb	Heiß reduziert		Neben Luteolin, das aus NH_3 umkrystallisiert
††	Dunkeloliv	Orangegelb	Gelb	Kalt reduziert		Droge
††	Braunrot, dann braungrün	Gelb	Gelb	Heiß reduziert		Herbar
†††	Rötlichbraun	Dunkelgelb	Dunkelgelb	Heiß reduziert		Frisch, HCl gelb lösend, H_2SO_4 gelb lösend mit blauer Fluoreszenz, J blau. Siehe p. 22
†	Braunschwarz	Braun	Braun	Heiß reduziert		+ KOH gelbgrün gelöst + H_2SO_4 gelbgrün gelöst
†††	Schwarzgrün	Orangegelb	Dunkelgelbbraun	Kalt reduziert		—
††	»	»	»	»	»	Neben Quercetin
†††	»	»	»	»	»	Neben Rhamnetin
††	»	»	»	»	»	Trocken
††	»	»	»	»	»	Herbar
†††	Schwarzgrün	Orangegelb	Dunkelgelbbraun	Kalt reduziert		Frisch
†††	Braun	Orange	Orange	Kalt reduziert		HCl löst hellgelb und läßt gelbe Sphärite ausfallen
†††	Tiefgrün	Rot	Rot + Br grün	Heiß reduziert		Siehe Molisch, l. c.

Tabelle IV.

Pflanzen mit bekannter, aber noch nicht näher studierter Flavonart.

Pflanze	Organ	Menge	Krystallprodukt	Anmerkung
Acer pseudoplatanus	Blüte	††	Gelbe Sphärite, aus Krystallplättchen bestehend	Fe Cl_3 dunkelgrün, Bleiacetatat gelb krystallisiert, Ba $(OH)_2$ orangegelb
Capsella bursa pastoris	»	††	Dunkelgelbe Sphärite	Fe Cl_3 gelb, Bleiacetat gelborange
Hypericum perfoliatum	Blatt	††	Gelborange Sphärite	Fe Cl_3 gelbbraun, Bleiacetat gelbrot
Leucojum vernum	Blüte und Blatt	††	Gelbbraune Sphärite	NH_3 tieforange
Lonicera Caprifolium » *Xylosteum*	» » »	†	» »	—
Rosa, gelbe Gartenformen	Blüte	††	Viele gelbe Sphärite	Fe Cl_3 olivgrün, Bleiacetat orangegelb
Rhamnus cathartica	Rinde	†	Grünlichgelbe Sphärite	Rhamnofluorin
Robinia pseudacacia	Blatt und Rinde	†††	Sehr schöne tiefgelbe Nadelbüschel	Acacetin
Verbena sp.	Blatt	††	Große gelbe Sphärite	Fe Cl_3 dunkelgelb, Bleiacetat dunkelgelb, Quercitrin?

Tabelle V.

Pflanzen mit neu gefundenem Flavonvorkommen

Pflanze	Organ	Menge	Krystallisationsprodukt	Fe Cl_3	Bleiacetat	Reduktion	Anmerkung
Aconitum Lycoctonum	Blüte	†††	Schöne, dunkeloranggelbe Nadelbüschel und Sphärite	Gelbgrün	Orangegelb	Kalt	Ba $(OH)_2$ tiefgelb
Aconitum Napellus	»	††	—	»	»	»	» »
Acacia rostellifera	Blatt	††	Gelbe Sphärite	—	—	—	—
Aesculus Hippocastanum	Fruchtschale	††	Übersät mit kleinen gelbbraunen Sphäriten	Gelb	Gelb	Heiß	Wohl Quercitrin
Anagallis arvensis	Blüte	††	Gelbe Sphärite	—	—	—	—
Aucuba japonica	Blatt	†††	Gelbe und grüne Blattstellen voll gelber Doppelbüschel	Grün	Dunkelgelb	Heiß	Siehe p. 22
Castanea vesca	Fruchtschale	†††	In den Emergenzen sehr viele gelbbraune Sphärite	Tiefgelb	Tiefgelb	»	—
Chamaenerion palustre	Blüte, Blatt	††††	Schöne gelbe Nadelbüschel, meist gelbbraune Sphärite	Gelb	Gelb	»	Quercitrin, frisch und Herbar
Alchemilla alpina	Blüte	†††	Bedeckt mit kleinen gelben Sphäriten	Braungrün	»	»	—
Convolvulus arvensis	»	†††	Voll gelber Nadelbüschel und Sphärite	Grüngelb	»	Ag NO_3 kalt	—

Pflanze	Organ	Menge	Krystallisationsprodukt	Fe Cl_3	Bleiacetat	Reduktion	Anmerkung
Convolvulus tricolor var. *subcoeruleus*	Blüte und Blatt	†††† †	Übersät mit gelben Sphäriten	Braungrün	Orangegelb	Schon kalt	Ba $(OH)_2$ dunkelgelb, ungelöst
Digitalis ambigua und *lutea*	Blüte	††	Viele gelbe Sphärite	Gelbgrün	Gelborange	Heiß	Wohl Luteolin
Gentiana germanica	»	††	Schöne gelbe Nadelbüschel	—	—	—	Derselbe Körper, den Molisch fand [1]
Gentiana austriaca	»	††	Gelbe Sphärite	Gelbgrün	Gelborange	Heiß	»
Godetia sp.	»	†††	Große gelbe Nadelbüschel und Sphärite	Grün	Gelb	Kalt	In NH_3 tiefgelb umkrystallisiert
Lathyrus silvester	»	†	Gelbe Nadelbüschel	—	—	—	—
Lysimachia vulgaris	»	††	Gelbe Sphärite und Nadelbüschel	Gelbbraun	Orange	Warm	—
Lotus corniculatus	»	†††	Sehr schöne dunkelgelbe Nadelbüschel	Braungrün	Ziegelrot	Heiß	—
Ononis spinosa	»	†††	Gekrümmte gelbbraune Nadelbüschel	Dunkelgelb	Gelb	»	Quercitrin? Fig. 2
Parnassia palustris	»	††	Gelbe Krystallbüschel	—	—	—	Gewebe voll brauner gelappter Idioblasten [2]
Phaseolus multiflorus	»	††	Gelbe Sphärite	—	—	—	—

Pimpinella saxifraga	—	—	Mächtige gelbe Säulen mit aufsitzenden Nadeln	—	—	—	—
Polygonum amphibium	Blüte	††	Gelbe Krystallbüschel	Braungrün	Gelborange	Heiß	Ba $(OH)_2$ gelbbraun ungelöst
P. aviculare	»	††	» »	»	»	»	»
Polygonum bistorta	»	†††	Sehr viele gelbe Drusen, aus großen Säulen zusammengesetzt	»	Orange	»	»
P. minus	»	††	Gelbe Sphärite	»	»	»	»
P. viviparum	»	††	» »	»	»	»	»
Reseda lutea	»	††	Gelbbraune Sphärite	Gelbgrün	Dunkelgelb	»	Wohl Luteolin
Thesium montanum	Blüte und Blatt	††††	Voll schöner gelber Nadelbüschel	—	—	—	Fig. 1
Trifolium campestre » *hybridum* » *medium* » *montanum* » *mutabile* » *pallidum* » *pannonicum* » *patens*	Blüte	†††	Voll gelber Nadelbüschel und Sphärite	Dunkelgrün	Orange	Fehling heiß, Ag NO_3 kalt	Vielleicht ein Quercetinmethyläther wie in *Trifolium montanum*
Valeriana sambucifolia	»	††	Gelbbraune Nadelbüschel	—	—	—	—

---

[1] Molisch H., Beiträge zur Mikrochemie der Pflanze, 8. Über organische, krystallisierende Stoffe in *Gentiana germanica* Willd. Bericht der Deutschen bot. Ges., 1917, Bd. 35, p. 654—656.

[2] Nach der Salzsäurebehandlung sieht man im Gewebe zahlreiche Idioblasten von merkwürdiger Gestalt braun gefärbt, dazwischen zahlreiche gelbe Nadelbüschel und Sphärite, Fig. 10. Der Inhalt der Idioblasten wurde nicht näher untersucht, scheint aber Gerbstoff zu sein (Eisengrünung).

Jedenfalls wird man aus den Tabellen den Eindruck gewinnen, daß eine große Gruppe von Pflanzenstoffen bisher mikrochemisch nicht greifbar war; sie hat ja auch nur zu oft wegen der Grün-, Braun- oder Schwarzfärbung mit Eisensalz Anlaß zur beliebten Verwechslung mit Gerbstoffen gegeben. So dürfte auch das Flavon in *Aucuba* Czapek[1] zur Verwechslung mit Chlorogensäure verleitet haben, wie schon Freudenberg in einem Brief an Molisch annahm.

Spezialreaktionen.

Schließlich seien noch einige Spezialreaktionen angeführt, die zur näheren Charakteristik mancher Flavone in den wenigen Fällen, wo die anderen Proben nicht eindeutig sind, geeignet erscheinen.

So ist das Saponarin durch die Untersuchungen von Dufour[2] und Barger[3] sehr schön nachweisbar. Denn dieses Glykosid gibt mit Jodpräparaten (Jodwasser, Jodjodkali und Jodtinktur) blauviolette Färbung, die beim Erhitzen verschwindet und beim Abkühlen wiederkehrt. Mit Jodalkohol erhält man auch nicht selten Krystalle, die zu rotvioletten Sternaggregaten oder einem feinen Haarfilz angeordnet sind. So konnte Molisch in einem einzigen Lebermoos (*Madotheca platyphylla*)[4] und Kozlowski[5] in einem Laubmoos (*Mnium cuspidatum*) Saponarin nachweisen. Ich verwendete Jodessigsäure (Jod in Essigsäure) bis zur lichtbraunen Färbung und konnte damit immer und sicher herrliche rotviolette Sternaggregate und den Haarfilz bekommen, der bei Wasserzusatz unter tiefblauer Farbe langsam gelöst wird (Fig. 9).

Das Chrysin aus den Pappelknospen ist wegen des dickflüssigen Harzes schwer zu krystallisieren; übrigens stört auch das reichlich vorhandene Populin und Salicin (farblos und reichlich krystallisiert), siehe Tabelle III.

Freilich ist es so spezifisch, daß es kaum verwechselt werden wird. Seine Eisenfärbung ist braunviolett, also mit anderen Flavonen ein Irrtum nicht möglich. Mit Brom oder Jod erhält man nach Alkoholzusatz am Rande des Präparates leichte hellgelbe Nadeln.

Mit rauchender Salpetersäure entstehen hellrote Krystalle, die in Alkali leicht mit orangegelber Farbe löslich sind. Am leichtesten und schönsten krystallisiert das Chrysin aus Ammoniak-Alkohol (1 : 1) in leuchtend dunkelgelben Kugelsphäriten, die im polarisierten Licht das dunkle Kreuz geben.

---

[1] Czapek F., Zur Kenntnis der silberreduzierenden Zellsubstanzen in Laubblättern. Ber. d. D. bot. Ges., Jg. 1920, p. 246. Vgl. dazu Molisch H., Das Chlorophyllkorn als Reduktionsorgan. Sitzber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, Abt. I, Bd. 127, 1918, und Molisch H., Zur Silberreduktion der Chlorophyllkörner, Ber. d. D. bot. Ges., Bd. 39, 1921, H. 4.

[2] L. c.

[3] L. c.

[4] Molisch H., Über das Vorkommen von Saponarin bei einem Lebermoos (*Madotheca platyphylla*). Ber. d. D. bot. Ges., 1911, Bd. 39, p. 487.

[5] Kozlowski M. A., Sur la saponarine chez le *Mnium cuspidatum.* Compt. rend. de l'Acad. des sciences, 1921, p. 429.

Endlich sind das Apiin und Apigenin, deren farblose bis hellgelbe Nadelbüschel wenig charakteristisch sind, durch die Nitroverbindung gut zu bestimmen. Bei Zusatz von konzentrierter Salpetersäure erhält man sofort im Gewebe eine orangerote Färbung, manchmal auch orangegelbe Nädelchen am Rande des Deckglases.

Es war im vorliegenden hauptsächlich beabsichtigt, eine allgemeine Methodik für den Nachweis und die Identifizierung der Flavone zu geben; die weitere Verbreitung im Pflanzenreich (sie sind viel weiter verbreitet, als man meist annimmt), ihre Verteilung und Wandlung im Organismus sollen auf Grund der bisherigen Erfahrungen in der Folge studiert werden.

Zusammenfassung.

Der mikrochemische Nachweis der Flavone in der Pflanze hat trotz der genauen chemischen Kenntnis dieser Stoffe bisher gefehlt.

Es ist nun gelungen, eine einheitliche Methode zur Krystallisation der ganzen Körperklasse auszuarbeiten. Die Halogensäuren, besonders Salzsäure, scheiden, wenn man sie unter dem Sublimationsring bei zirka 40° Wärme auf flavonhaltige Gewebsstückchen einwirken läßt, diese Stoffe lokalisiert in schön krystallisierter Form ab.

Die Probe gelingt nicht nur an frischen, sondern auch trockenen Pflanzenteilen aus Herbarmaterial oder Drogen.

Die so krystallisierten Körper konnten durch ihre Löslichkeitsverhältnisse als Flavone bestimmt und durch spezielle Reaktionen, Färbung mit Eisenchlorid, Bariumhydroxyd und Bleiacetat sowie durch die Reduktionsproben mit Fehling'scher Lösung und ammoniakalischem Silbernitrat zu den einzelnen Flavonen eingeteilt werden.

Mit dieser Methodik wurden die genau bekannten Flavone in der Pflanze identifiziert, in allen Pflanzen mit wenig bekannten Flavonen diese dargestellt und auch in vielen Pflanzen solche neu gefunden (von ungefähr 100 untersuchten in 37).

Außerdem wurden für einige Flavone gut brauchbare Spezialreaktionen angegeben. Damit ist die Möglichkeit gegeben, diese weit verbreitete Gruppe von Pflanzenstoffen histochemisch zu verfolgen, zu bestimmen und die vielfachen Verwechslungen mit anderen Stoffen, besonders Gerbstoffen, zu vermeiden.

Figurenerklärung.

Fig. 1. *Thesium montanum*, Blattepidermis mit durch Salzsäuredampf krystallisiertem Flavon. Vergr. 460.

Fig. 2. *Ononis spinosa*, Corolle, HCl, Flavonnadeln, Vergr. 460.

Fig. 3. *Viola tricolor*, Corolle, Salzsäuredampf, Violaquercitrinkrystalle. Vergr. 225.

Fig. 4. *Viola tricolor*, Corolle, Bromwasserstoff. Flavonkrystalle am Rande des Präparates strauchförmig angeschossen. Vergr. 125.

Fig. 5. Rhamnetinkrystalle in Garben aus den Beeren von *Rhamnus cathartica* mit HCl. Vergr. 460.

Fig. 6. *Cheiranthus Cheiri*, Corollepidermis mit Sphäriten von Quercetin im Gewebe und Nadeln am Rande nach Jodwasserstoffeinwirkung. Vergr. 225.

Fig. 7. Quercitrin, Nadelbüschel aus der Rinde von *Pirus malus* mit Salzsäuredampf. Vergr. 325.

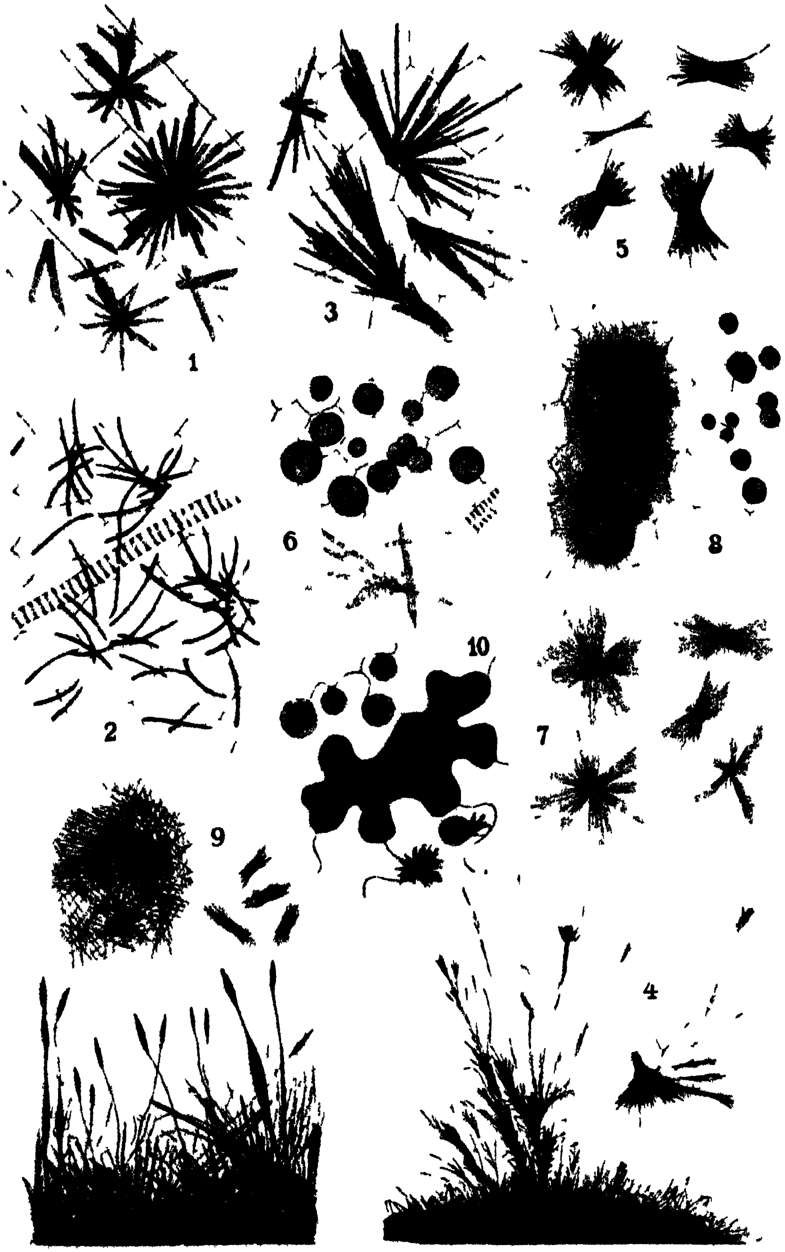
Fig. 8. *Reseda luteola*, Luteolinsphärite und Nadelbüschel in der Corollepidermis mit HCl. Vergr. 125.

Fig. 9. Saponarinkrystalle von *Saponaria officinalis* mit Jodeisessig am Rande des Präparates. Vergr. 285.

Fig. 10. *Parnassia palustris*, Corollepidermis mit Flavonsphäriten und einem Idioblasten (wahrscheinlich mit Gerbstoff), HCl. Vergr. 285.

Für die Anfertigung der Zeichnungen bin ich Herrn Assistenten J. Kisser zu großem Dank verpflichtet.

Klein G.: Histochemischer Nachweis der Flavone.



Sitzungsberichte der Akad. d. Wiss., mathem.-naturw. Kl., Abt. I, 131 Bd., 1922

Über die Lebensdauer sclerotisierter Zellen

Von

Hermine Puchinger

Aus dem pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien

Nr. 170 der zweiten Folge

(Mit 1 Tafel und 2 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung vom 26. Jänner 1922)

Einleitung.

Wie lange sclerotisierte Zellen nach ihrer vollkommenen Ausbildung noch aktives Leben zeigen, — Kern und Protoplasma enthalten — war bisher nicht Gegenstand spezieller Beobachtung. Um die Entstehung und Lebensdauer dieser Zellen zu bestimmen, stellte ich bei Sclereiden verschiedener Art Untersuchungen an.

Die bisherige Literatur befaßt sich der Hauptsache nach mit der physiologischen Bedeutung der Sclereiden. Haberlandt[1] und Strasburger[2] sprechen nur im allgemeinen über das Entstehen sclerotisierter Idioblasten durch nachträgliche Sclerose von Parenchymzellen, den Bau der sclerotisierten Zellwand und die Funktion des Sclerenchyms im pflanzlichen Organismus. Tschirch[3] betont die Morphologie der Sclereiden und die diagnostische Bedeutung ihrer Gestalt; als Inhalt nimmt er ein zartes Plasmahäutchen, Zellsaft oder Luft an. Das Vorkommen eines Zellkernes wird hier nicht erwähnt.

Treub[4] beobachtete im Marke des Stammes von *Ochrosia coccinea* langgestreckte Zellen, deren Wände eine bedeutende Verdickung erfahren; sie enthalten in jugendlichem Zustand zumeist mehrere Kerne; nach erfolgter Wandverdickung ließen sich die Zellkerne jedoch nicht mehr unterscheiden. Nur bei Bastfasern wurde die Erhaltung von Plasma und Kern beobachtet und im Baste älterer Pflanzen auch häufig das Auftreten mehrerer, ja zahlreicher Kerne festgestellt, so bei *Urtica urens*[1] und *Begonia rex.*[2] Letztere zeigt in Bastfasern, welche die Gefäßbündel älterer Blätter begleiten, durch Regeneration entstandene Teilzellen mit kleinen Kernen. Allgemein wurde das Sclerenchym, ob es nun in Gruppen oder als einzelne Idioblasten auftritt, nur als spezifisch mechanisches Gewebe behandelt; Wachstum und Ausbildung der sclerotisierten Zellen wurde nur insoweit berücksichtigt, als diese ihren Ausdruck in der Konstruktion der Zellwand fanden. Ein Hauptgrund für diese einseitige Beobachtung mag auch darin liegen, daß sclerotisierte Gewebe hauptsächlich in Rinde und Samenschale auftreten, die meist vom Standpunkt der Pharmakognosie und Rindenanatomie aus untersucht werden; größtes Gewicht wurde daher auf die Chemie des Zellinhaltes und der gespeicherten Reservestoffe gelegt.

---

[1] Haberlandt, G., Physiologische Pflanzenanatomie. Leipzig 1896, p. 141.

[2] Strasburger, E., Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Jena 1905, p. 64, 151.

[3] Tschirch, A., Angewandte Pflanzenanatomie. I. Bd., Wien — Leipzig 1889, p. 300.

[4] Treub, M., Sur des cellules végétales a plusieurs noyaux. 1879. Extrait des Archives Neerlandaises. T. XV.

Methodik.

Einen Protoplasten konnte ich häufig weder durch Plasmolyse noch Tinktion feststellen, auch wenn ein vollkommen erhaltener Kern in der Zelle vorhanden war. Plasmolysierungsversuche versagten stets bei Sclereiden mit sehr zahlreichen und langen Porenkanälen, während bei Zellen mit wenigen Poren auch trotz starker Wandverdickung noch Plasmolyse eintrat. Bei einigen Objekten mag auch die Veränderlichkeit der Permeabilität während der verschiedenen Jahreszeiten Ursache des Unterbleibens einer Kontraktion gewesen sein.[3] Den Protoplasten durch Färbung festzustellen gelang nur in einem einzigen Fall, wo eben der Plasmabelag noch in solcher Stärke vorhanden war, daß seine Konturen nicht vollkommen mit denjenigen der Zellwand zusammenfielen. Da sich die verholzte Zellwand meist stärker färbte als das anliegende Plasma, bot diese Methode überhaupt wenig Aussicht auf Erfolg und ich mußte mich in den meisten Fällen auf die Färbung des Kernes beschränken.

Hierzu nahm ich Färbungen mit Neutralrot, Methylgrünessigsäure und Methylenblau vor; da die beiden letzteren Farbstoffe das Holz so stark tingierten, daß eine distinkte Färbung des Kernes unmöglich wurde, wandte ich sie nur in seltenen Fällen an. Bessere Ergebnisse brachte das Einlegen der Schnitte in Kaliumbichromat und Nachbehandlung derselben mit 2% Salzsäure. Der Kern hob sich bei dieser Methode durch Quellung seiner Wand scharf vom umgebenden Zellinhalt ab. Ebenso ließ sich auch Nilblau in günstiger Weise verwenden, da es die verholzten Zellwände fast nicht färbte. Den gleichen Vorteil bot die Anwendung von Hämatoxylin; diese Färbung erfolgte: 1. nach Beizung mit Eisenalaun, 2. mit Hämateïn-Ammoniak, 3. durch Einlegen der Präparate in eine Lösung von Hämatoxylin in Phenol.

---

[1] Kallen, F, Verhalten des Protoplasmas in den Geweben von *Urtica urens.* Flora 65. Jahrg., Nr. 6. — Treub, M., l. c., p. 16.

[2] Haberlandt, G., Wundhormone als Erreger von Zellteilungen. Beiträge zur allgemeinen Botanik. II. Bd., 1921, Heft I, p. 44.

[3] Fitting, H., Untersuchungen über die Aufnahme von Salzen in die lebende Zelle, Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik. 56. Bd., 1915, p. 16.

Bei den sehr stark verdickten Sclereiden, die in größeren Verbänden auftreten, — z. B. bei Birne und in Samenschalen, — war die letzte Methode sehr günstig, da das Phenol die Zellwände stark aufhellte und dadurch die Präparate viel klarer und übersichtlicher wurden.

Versuchsweise legte ich auch Schnitte von Hoya in 3% Silbernitratlösung[1] und erreichte eine dunkelbraune bis schwarze Färbung des Kernes, die allerdings durch baldige Schwärzung der Zellwand und des übrigen Zellinhaltes verschwand.

Bei *Podocarpus* ließ sich durch Behandlung mit Kupferoxyd-Ammoniak eine blaugrüne Färbung des Zellkernes hervorrufen, während Zersetzung des plasmatischen Inhaltes eintrat.

Färbungen mit Jod erwiesen sich nicht als stichhaltig, da sich die gesamte Oberfläche der Zellwand und des Zellinhaltes vollkommen mit Jod infiltrierte.

Eigene Untersuchungen.

Untersuchungen stellte ich bei folgenden Pflanzen an:

Podocarpeae	*Podocarpus* sp.
Staticeae	*Statice articulata*
	» *brassicifolia*
Theaceae	*Thea japonica*
Araucarieae	*Agathis Dammara*
Tamaricaceae	*Tamarix tetrandra*
Viburneae	*Viburnum lantana*
	» *prunifolium*
Cornoideae	*Cornus mas*
Rosaceae	*Rosa agrestis*
	Pirus communis
	Prunus armeniaca
	» *cerasus*
Cynanchoideae	*Hoya crassifolia*
Grevilleeae	*Hakea suaveolens*
Araceae	*Scindapsus pictus*
	Monstera deliciosa (Philodendron).

Diese Pflanzen enthielten alle Formen der Sclereiden, von den noch isodiametrischen, welche die ursprüngliche, parenchymatische Form fast ganz beibehielten, bis zu den geradezu grotesk verzweigten Idioblasten in *Thea, Statice, Agathis* und den bereits zu den Fasern überführenden, H-förmigen Zellen von *Scindapsus* und *Monstera.* Es sind auch die physiologisch den verschiedensten Zwecken dienenden Formen vertreten.

---

[1] Molisch, H., Das Chlorophyllkorn als Reduktionsorgan. Wien 1918.

Ich trachtete die Versuche auf eine möglichst weite Entwicklungsdauer der betreffenden Zelle auszudehnen, um einerseits auf die ursprüngliche Form der Sclereiden zu stoßen, andererseits das Wachstum zu verfolgen. Bei immergrünen Pflanzen stellte ich die Beobachtungen an mehrjährigen Blättern an; in Stämmen verfolgte ich die Entwicklung der Sclereiden vom Vegetationspunkt abwärts.

Spezielles.

Podocarpeae. Podocarpus sp. Stamm.

Bei *Podocarpus* treten die Sclereiden einzeln im Marke des Stammes auf. Sie behalten im allgemeinen ihre parenchymatische Gestalt bei, zeigen aber — namentlich in den ersten Stadien der Verholzung — stärkeres Längenwachstum als die umgebenden Parenchymzellen. Zur Untersuchung gelangten ein- bis vierjährige Stämme. Die Wandverdickung in den zu Idioblasten sich entwickelnden Zellen beginnt schon in sehr geringem Abstand von der Vegetationsspitze. Die sclerotisierten Zellwände zeigen sehr deutliche Schichtung und zahlreiche Porenkanälchen und erreichen in älteren Internodien eine ganz außerordentliche Stärke. In den Sclereiden eines einjährigen Sprosses ließen sich in den meisten Fällen ovale, linsenförmige Kerne feststellen. Die Färbungen erfolgten mit Kaliumbichromat, Neutralrot und Hämatoxylin. In den älteren Internodien waren zwar noch vollkommen intakte Zellkerne, ebenso granuliertes Plasma vorhanden, doch blieben Versuche mit Kaliumnitrat und zehnprozentiger Salzsäure Plasmolyse hervorzurufen, ergebnislos. Zellkerne ließen sich bei *Podocarpus* noch in vierjährigen Stämmen feststellen. Plasmolyse gelang auch in einjährigem Sproß nicht.

Theaceae. Thea japonica. Blatt.

Hier finden sich Sclereiden im Blatt, hauptsächlich den Hauptnerv begleitend. Sie sind auf Parenchymzellen zurückzuführen, die förmliche Seitenäste in die Interzellularäume des Schwammparenchyms treiben und auf diese Weise die auffallende, geweihartige Form erlangen. Verholzung und Dickenwachstum der Zellwände gehen

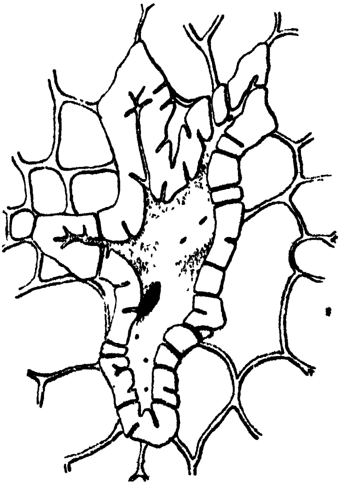


Fig. 1.
Thea japonica, Sclereide in dreijährigem Blatt (nach Behandlung mit Kaliumbichromat).

sehr rasch vor sich. Kerntinktionen erfolgten mit Methylgrün, Jodwasser und Kaliumbichromat. Der Zellkern ist linsenförmig und enthält zumeist zwei Nucleolen. In allen Sclereiden waren, hauptsächlich in den Seitenästen, Anhäufungen von feinkörnigem Plasma vorhanden. Plasmahäutchen und Plasmodesmen ließen sich dagegen nicht feststellen.

Zellkerne wurden in ein- bis dreijährigen Blättern nachgewiesen.

Araucarieae. Agathis Dammara. Blatt.

Auch bei *Agathis* zeigen die Sclereiden stern- und geweihartige Form. Vornehmlich treten sie im mittleren Teil der Blattspreite auf. Das Vorhandensein von Zellkern und Protoplasten konnte auch in ganz jungen Blättern nicht nachgewiesen werden; nur Reste des Plasmabelages ließen sich in einigen Sclereiden feststellen. Die bei diesem Objekt ebenfalls stark verholzten Schließzellen enthielten hingegen durchwegs Kerne von normaler Größe.

Tamaricaceae. Tamarix tetrandra. Stamm.

Im Bast und Mark von *Tamarix* liegen Sclereiden in Nestern oder auch einzeln eingelagert. Sie unterscheiden sich im allgemeinen vom umgebenden Parenchym nur durch ihre sclerotisierten, sehr porösen Wände. Da die Zellwand sich mäßig verdickt, bleiben die Porenkanälchen relativ kurz und ließ sich noch im zweijährigen Stamm Kontraktion des Protoplasten hervorrufen. Der Zellkern wurde durch Zusatz von Methylenblau zu gesättigter Salpeterlösung bei gleichzeitiger Plasmolyse gefärbt. Er ist ziemlich klein, eiförmig und enthält einen unscheinbaren Nucleolus.

Kernfärbung und Plasmolyse gelangen nur in ein- und zweijährigem Stamm.

Staticeae.

Von *Statice*-Arten standen mir für die Untersuchung nur *Statice articulata* und *St. brassicifolia* zur Verfügung. Letztere mußte hier ausgeschaltet werden, da sie zwar einen außergewöhnlichen Reichtum an Sclerenchymfasern in den Gurtungen der Gefäßbündel aufwies, sclerotisierte Idioblasten in der Pflanze aber nicht vorkamen.

Statice articulata. Blatt.

Bei *Statice articulata* traten die Sclereiden, stern- und geweihartig verzweigt, hauptsächlich in Blattspitze und Blattgrund auf. Im übrigen wird die Blattspreite nur durch eine stark verdickte Epidermis versteift.

Mit Methylgrün tingierte Sclereiden zeigten reichlich plasmatischen Inhalt und spindelförmige Kerne von auffallender Größe. Die Schnitte entstammten teilweise bereits absterbenden Blättern; also stirbt hier offenbar die Steinzelle gleichzeitig mit dem umgebenden Parenchym oder wenigstens nur kurze Zeit vorher ab. Die Lebensdauer der Sclereiden deckt sich daher mit einer Vegetationsperiode der Pflanze.

Viburneae. Viburnum lantana. Stamm und Frucht.

Viburnum lantana bot im Bastparenchym des Stammes und in der völlig verholzten Samenschale ein sehr günstiges Versuchsobjekt. Im Stamme erfahren die Zellen in vielen Fällen mit eintretender Verholzung eine Streckung über fast zwei Zellschichten. Die Verdickung der Zellwand schreitet stellenweise, namentlich in Sclereiden älterer Stammteile, fast bis zum vollkommenen Schwinden des Lumens vor.

Die Zellwände sind von zahlreichen Porenkanälen durchzogen. Darauf ist vermutlich das Fehlschlagen aller Plasmolysierungsversuche zurückzuführen.

Die Zellkerne ließen sich durch Behandlung mit Hämateïn-Ammoniak feststellen. Bei Präparaten aus einem zweijährigen Zweig versuchte ich kurzes Einlegen des Materials in 3% Silbernitrat. Der Kern färbte sich auf diese Weise schwarzbraun, verlor aber infolge der nach und nach allgemeinen Schwärzung des Zellinhaltes sein auffallendes Aussehen. Die Zellkerne sind fast kugelig, mit stark körniger Struktur.

Die Samenschale wird bei *Viburnum* durch mehrere Schichten außerordentlich stark verdickter Sclereiden gebildet. Die dem Exocarp anliegenden Zellen behalten dauernd ein bedeutend größeres Lumen als die innerste, den Samen umgebende Zellschichte, deren Längsrichtung außerdem entgegengesetzt zur Richtung der übrigen Sclereiden läuft. Die Zellkerne sind auch in den englumigen Sclereiden erhalten. Sie zeigen stark schwammige Struktur und sind mit Rücksicht auf das enge Lumen mancher Zellen auffallend groß. Durch Einlegen der Schnitte in Phenol und Zusatz von Hämatoxylinkristallen oder Tinktion mit Hämateïn-Ammoniak färbten sich die Zellkerne blauviolett; das Plasma nahm eine bläuliche Färbung an.

Die Idioblasten des Stammes enthielten noch im zweijährigen Material einen intakten Zellkern. Die Sclereiden des Endocarps wiesen nur bis zur vollkommenen Ausbildung des Samens, also in etwa ein bis zwei Monate alten Früchten, Kern und Plasma auf.

Viburnum prunifolium. Stamm.

Viburnum prunifolium zeigt sclerotisierte Zellen im Mark. Und zwar ergreift die Sclerose in älteren Teilen des Stammes ziemlich weite Strecken. Die Verholzung beginnt sehr früh und betrifft gruppenweise zwei bis drei Nachbarzellen gleichzeitig. Die später verholzenden Zellen zeichnen sich schon in jüngeren Stadien durch große, aber keineswegs zahlreiche Poren aus. Besonders rasch geht die Wandverdickung in den Nodien vor sich. An diesen Stellen wird auch die sonst regelmäßige Gestalt der Zellen entsprechend der Richtung der Seitentriebe verzerrt.

Plasmolyse mit Kaliumnitrat gelang bei Präparaten aus ein- und zweijährigen Stämmen. Die Kernfärbung erfolgte mit Hämatoxylin in Phenol; die Zellkerne sind rund bis spindelförmig, leicht abgeflacht und enthalten ein oder zwei Nucleolen. Das Vorhandensein von Plasma und Zellkern ließ sich in den Sclereiden von *Viburnum prunifolium* nur in ein- und zweijährigen Internodien feststellen.

Cornoideae. Cornus mas. Frucht.

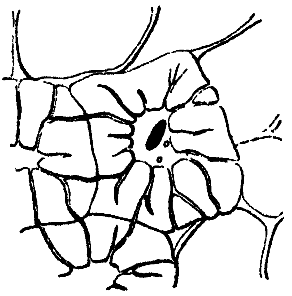
Hier besteht im Gegensatz zu *Prunus cerasus* und *Pr. armeniaca*, das Endocarp aus langgestreckten, trotz der starken Wandverdickung, großlumigen Zellen. Die Streckung der Sclereiden erfolgt, wie bei *Viburnum*, nach verschiedenen Richtungen. Längs der den Samen einschließenden Höhlung nehmen die Zellen fast faserartige Gestalt an. Die übrigen Sclereiden des Pericarps weisen durchschnittlich eine Wanddicke von 1 μ auf. Sie enthalten ziemlich viel plasmatische Massen, die sich bei Tinktion mit Hämatoxylin blau färben. Die Zellkerne sind in den meisten Zellen erhalten, haben spindelförmige Gestalt und führen ein mitunter zwei Kernkörperchen. Der Versuch, Plasmolyse in diesen Sclereiden hervorzurufen, blieb ergebnislos. Zellkerne und Anhäufungen von körnigem Plasma fanden sich, auch noch nach Ausbildung des Samens, in zwei bis zweieinhalb Monate alten Früchten.

Rosaceae. Rosa agrestis. Stamm.

Bei *Rosa* treten im Marke sclerotisierte Zellen einzeln und in Nestern auf. Die Verholzung beginnt schon in den jüngsten Stammteilen; die Wandverdickung nimmt jedoch nur während der ersten Vegetationsperiode zu. Das Lumen der Zellen bleibt daher zeitlebens ziemlich groß. Trotz der zahlreichen Porenkanäle ließ sich bei einjährigem Material mit Kaliumnitrat sehr rasch Plasmolyse erzielen. Bei Zusatz von stark verdünntem Methylenblau färbte sich der kontrahierte Protoplast schwach blaugrün, der Kern blau; Färbungen mit Hämatoxylin ergaben nur eine schwache Blaufärbung des Kernes; der Zellkern ist linsenförmig und enthält ein sehr stark lichtbrechendes Kernkörperchen. Das Vorhandensein des Kernes ließ sich noch im zweijährigen Stamm nachweisen.

Pirus communis. Frucht.

Die sclerotisierten Zellen im Parenchym der Birne waren kein sehr günstiges Versuchsobjekt, da sich die Zellwände sehr rasch verdicken und das Lumen bald fast vollkommen schwindet. Zur Untersuchung gelangten Holzbirnen, Edelobst und zwischenliegende Formen. Der Grad der Wandverdickung war zwar bei all diesen gleich, doch konnten Zellkerne in den Sclereiden der Holzbirnen bedeutend häufiger und auch noch in älteren Zellen nachgewiesen werden. Hauptsächlich fanden sich Kerne in einzeln ins Parenchym vorgeschobenen Idioblasten und in den Randzellen der Sclereidennester. Deutlicher Plasmabelag und offenbare Zerfallsprodukte von Zellkernen waren sehr häufig vorhanden. Vollkommen erhaltene Kerne traf man noch in Zellen, deren Wanddicke bis 1·3 μ betrug; daß Plasmolyse in diesen Sclereiden nicht gelang, ist jedenfalls auf die zahlreichen langen und stark verzweigten Porenkanälchen zurückzuführen. Die betreffenden Versuche wurden mit gesättigter Lösung von Kaliumnitrat und $50^0/_0$ Kalilauge vorgenommen. Die Untersuchungen erfolgten bei ein- bis eineinhalb Monate alten Früchten.



Pirus communis, Steinzelle im Fruchtfleisch einer eineinhalb Monate alten Frucht (nach Behandlung mit Hämatoxylin).

Prunus armeniaca. Frucht.

Hier erstreckte ich die Versuche auf etwa eineinhalb bis zwei Monate alte Früchte. Bis zu diesem Zeitpunkt waren Kerne in den Zellen des Endocarps allgemein nachzuweisen. Sobald der Samen seiner endgültigen Ausbildung entgegengeht, stirbt das verholzte Endocarp langsam ab Die längste Lebensdauer besitzen die an die Chalaza angrenzenden Zellgruppen. Verholzung und Dickenwachstum der Wand beginnen in den äußersten und innersten Zellschichten des Endocarps, während die dazwischenliegenden Schichten noch parenchymatischen Charakter beibehalten. Gruppen von Sclereiden treten allerdings auch in letzteren inselartig, wie im Fruchtfleisch der Birne, auf. Beobachtungen an jüngerem und älterem Material ergaben, daß auch nach Vollendung des Dickenwachstums der Zellwände der Kern unverändert erhalten bleibt. Die Wand der Sclereiden ist sehr porös, ihre Stärke schwankt zwischen 0·5 und 0·9 μ. Die Kernfärbung erfolgte mit Hämatoxylin. Der Zellkern ist linsenförmig, besitzt einen Durchmesser von 0·6 μ und zeigt eine grobkörnige Struktur. Ein Plasmahäutchen ließ sich weder durch Färbung noch Plasmolyse feststellen. Vermutlich war es bereits in Auflösung begriffen; denn Anhäufungen von granuliertem Plasma fanden sich noch in zahlreichen Zellen.

Prunus cerasus. Frucht.

Im Endocarp der Kirsche erreichen die Steinzellen nach etwa eineinhalb Monaten ihre endgültige Gestalt. Sie sind bereits ihrer ursprünglichen Anlage nach bedeutend kleiner als die Sclereiden im Endocarp der Aprikose. Auch hier schreitet die Verholzung und Verdickung der Zellwände von den äußeren Schichten nach dem Inneren der Samenschale vor. Die Zellen des Endocarps führen nur so lange Kern und Plasma, als der Samen in Bildung begriffen ist. Geht dieser seiner Vollendung entgegen, sterben die Sclereiden der Samenschale ab. Bei Färbung mit Hämatoxylin in Phenol färbt sich der Kern lichtblau, der Nucleolus schwärzlich. Plasmolyse gelang bei diesem Objekt nur in den jüngeren Stadien der Steinzellen. Am längsten erhalten bleiben auch hier Zellpartien in der Umgebung der Chalaza. Dort finden sich noch bei zwei Monate alten Früchten Zellen, die einen vollkommen intakten Kern mit klar hervortretendem Nucleolus enthalten.

Araceae. Scindapsus pictus. Blatt.

Verdickung der Membran erfolgt hier bei faserartigen Zellen im Blatt. Sehr häufig anastomosieren diese untereinander und nehmen dadurch eine H-förmige Gestalt an. In Stamm und Luftwurzel von *Scindapsus* fanden sich keine sclerotisierten Idioblasten.

Die Fasern erreichen eine Länge von mehreren Millimetern; die Verdickung ihrer Zellwände geht so weit, daß das Lumen stellenweise nur auf einen zarten Kanal reduziert, oder sogar vollkommen geschlossen wird. Wenn das Lumen der Zellen auf längere Strecken in normaler Weise erhalten bleibt, bilden sich sehr feine Querwände aus, durch die die Faser in mehrere Teilzellen zerlegt wird. Diese Teilzellen enthalten meist jede einen Kern von normaler Größe. Analoge Vorgänge wurden von Haberlandt[1] bei *Begonia rex* konstatiert und auf Regeneration der Zellen zurückgeführt. Auch bei *Scindapsus* ist die sekundäre Zellteilung nur auf ältere Fasern beschränkt. Die Bildung der Sclereiden setzt im mittleren und untersten Teil der Blattspreite ein. Hier trifft man daher auf die meisten Fasern, welche Zellteilung zeigen. In den Sclereiden ließ sich fast durchwegs ein Plasmahäutchen feststellen; bei den jüngeren Fasern wurde die Plasmolyse mit 20% Kaliumnitrat, in den älteren Sclereiden mit konzentriertem Glyzerin vorgenommen. Der Kern ist oval und enthält einen auffallend lichtbrechenden und großen Nucleolus. Durch Zusatz von Neutralrot ließ sich der Kern bei gleichzeitiger Plasmolyse gut färben. Bei fixiertem Material erfolgte die Kernfärbung mit Hämatoxylin.

Monstera deliciosa (Philodendron). Luftwurzel.

In der primären Rinde der Luftwurzel von *Monstera deliciosa* treten zahllose, faserförmige Idioblasten auf. Diese zeigen einen eigentümlichen, etwa in der Mediane der Zelle entspringenden, schlauchartigen Fortsatz, der sich zwischen die benachbarten Zellen einschiebt und auf diese Weise die Faser im Parenchym verankert. Es läge auch die Vermutung nahe, daß diese Zellfortsätze ebenso, wie bei *Scindapsus*, den Zweck haben, eine Verbindung zwischen zwei Sclereiden herzustellen; doch wurden derartige H-förmige Zellen hier nicht gefunden. Die Entwicklung der Sclereiden beobachtete ich von der Wurzelspitze aufwärts; sie sind auf parenchymatische Zellen zurückzuführen, deren Querwände wie bei jungen Bastzellen dachförmig abgeschrägt sind. Später schieben sie sich durch gleitendes Wachstum zwischen die angrenzenden Parenchymzellen ein. In diesen jungen Zellen sind die Kerne leicht ohne Färbung zu beobachten. Die stark verdickten Fasern enthalten aber in den meisten Fällen nur mehr körnige Plasmamassen. Da die Sclereiden bereits in sehr jungen, etwa drei Wochen alten Teilen der Wurzel ihre vollkommene Ausbildung erfahren, ließen sich nur in noch geringem Abstand von der Wurzelspitze Zellkerne in den Fasern feststellen; sie sind ebenso, wie die Kerne des Parenchyms, linsenförmig und enthalten einen sehr großen, stark lichtbrechenden Nucleolus. Mit Hämatoxylin tingierten sich in älteren Sclereiden auch Zerfallsprodukte in Auflösung begriffener Kerne. Plasmolyse wurde mit 20% Kaliumnitrat und 50% Kalilauge versucht; meine Bemühungen in dieser Richtung blieben aber auch bei noch fast unverdickten Fasern ergebnislos.

---

[1] Haberlandt, G., l. c., p. 44.

Cynanchoideae. Hoya crassifolia. Stamm.

Sclerotisierung einzelner Zellen und größerer Zellgruppen erfolgt hier hauptsächlich im Mark des Stammes. Zahlreiche Idioblasten finden sich auch in der Trennungsschichte von Stamm und Blattstiel; nur vereinzelt treten sie im unteren Teil des letzteren auf. Diese Idioblasten verdicken die Zellwände nur mäßig; infolge der hierdurch größeren Permeabilität der Wände gelang mit 20% Kaliumnitrat schon nach sehr kurzer Einwirkung Plasmolyse. Die Zellkerne wurden in diesen Sclereiden durch Tinktion mit Nilblau nachgewiesen. Ebenso hoben sich die Kerne bei kurzem Einlegen der Schnitte in verdünnte Salzsäure (2%) scharf von ihrer Umgebung ab.

Im Mark des Stammes bilden die Sclereiden größere Verbände. Das Dickenwachstum ihrer Zellwände ist bedeutend stärker; schon im letztjährigen Internodium beträgt der Durchmesser der Wand durchschnittlich 1·2 µ und nimmt in einjährigen Sproßteilen bis 1·4 µ zu. In Steinzellen des jüngsten Internodiums ließ sich mit 20% Kaliumnitrat Plasmolyse hervorrufen; ebenso gelang diese nach halbstündiger Einwirkung der Lösung bei Schnitten aus älteren Stämmen. Hingegen blieben Versuche, die Zellen durch Einlegen in konzentriertes Glyzerin oder 10% Salzsäure zu plasmolysieren, erfolglos.

Kernfärbungen gelangen in zweijährigen Internodien, wie in jüngeren; sie erfolgten mit Hämatoxylin, Neutralrot und 3% Silbernitrat.

Grevilleeae. Hakea suaveolens. Blatt.

Im Parenchym der walzenförmigen Blätter treten bei *Hakea* langgestreckte, knochenförmige Sclereiden in großer Zahl auf. Sie entstehen durch nachträgliche Sclerose von Parenchymzellen, deren Längenwachstum weit rascher vor sich geht, als das der umgebenden Zellen. Gewöhnlich erstrecken sich die Sclereiden über zwei Schichten des Parenchyms. Die Zellwand erreicht bereits im ersten Jahre ihre endgültige Ausbildung. Das Lumen der Zellen ist von konstanter Größe. Poren sind nur in sehr geringer Zahl vorhanden. Trotzdem hatten auch in den Sclereiden einjähriger Blätter Plasmolysierungsversuche mit konzentrierter Salpeterlösung keinen Erfolg. Als Zellinhalt tritt meisten feinkörniges Plasma auf.

Die Zellkerne in den Idioblasten sind ebenso, wie diejenigen des umgebenden Parenchyms, sehr klein und zeigen einen stark lichtbrechenden Nucleolus. Die Kernfärbung erfolgte mit Kaliumbichromat oder Methylenblau, sie gelang noch in fünfjährigen Blättern.

Zusammenfassung.

Ziel der Untersuchungen war, nachzuweisen, ob sclerotisierte Idioblasten in ausgewachsenen Organen noch Kern und Plasma führen.

Die Versuche ergaben, daß die Ansicht, die Sclerose der Zellwand bedeute den Beginn des Absterbens der Zelle, im allgemeinen nicht berechtigt ist.

Wenn sich auch häufig in älteren Sclereiden oder in solchen mit stärker verdickter Zellwand keine Plasmolyse hervorrufen ließ, schließt dies doch nicht aus, daß das Plasmahäutchen noch in sehr reduziertem Zustand vorhanden war, aber durch die schmalen, verzweigten Porenkanälchen derart verankert und befestigt war, daß eine Kontraktion unmöglich wurde, zumal da sich Zellkerne ja häufig in Sclereiden feststellen ließen, in denen Plasmolyse nicht eintrat.

Bei den untersuchten Idioblasten, welche in Blättern auftreten, ließ sich mit einer einzigen Ausnahme beobachten, daß die Lebensdauer der Sclereiden entweder der des Parenchyms entspricht oder nur um geringe Zeitdauer kürzer ist.

Sclerotisierte Zellen in Stämmen führten bis zur vierten Vegetationsperiode noch Zellkern und Protoplasma.

In den faserartigen Sclereiden von *Monstera deliciosa* ließ sich hingegen das Vorhandensein des Kernes und plasmatischer Substanzen nur in den jüngsten Stadien der Zellen beobachten; in manchen Fällen wurde allerdings auch in älteren Fasern ein intakter Zellkern festgestellt, wenn das Lumen der Sclereiden seine frühere Ausdehnung ziemlich beibehalten hatte.

Sclereiden, welche Samenschalen aufbauen, zeigen Kern und plasmatischen Inhalt nur während der Entwicklungsdauer des Samens. Mit seiner Ausbildung stirbt das Endocarp ab, da es jetzt nur mehr den Zweck zu erfüllen hat, den Keim gegen mechanische Einflüsse zu schutzen.

Diese Beobachtungen sprechen dafür, daß sclerotisierte Zellen in Organen, welche in aktiver Lebenstätigkeit stehen, nicht vorzeitig, nach Ausbildung der Wandverdickung absterben; die maximale Lebensdauer der Sclereiden schwankt bei den untersuchten Pflanzen: in Stämmen zwischen zwei und vier, in Laubblättern zwischen ein und fünf Jahren, in Samenschalen zwischen ein und zweieinhalb Monaten.

Für die Anregung zu dieser Arbeit und die stete Führung sage ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Hofrat Dr. H. Molisch meinen herzlichsten Dank; desgleichen danke ich Herrn Assistenten Dr. Gustav Klein für seine freundliche Unterstützung.

Figurenerklärung.

Vergrößerung 540.

Fig. 1. *Podocarpus* sp., Sclereide in einjährigem Internodium (nach Behandlung mit Hämatoxylin).

Fig. 2. *Cornus mas*, Sclereiden des Endocarps einer zweieinhalb Monate alten Frucht (nach Behandlung mit Phenol und Hämatoxylin).

Fig. 3. *Prunus armeniaca*, Sclereiden im Endocarp einer ein Monat alten Frucht (nach Färbung mit Hämatoxylin).

Fig. 4. *Rosa agrestis*, Plasmolyse in Sclereiden eines zweijährigen Stammes (nach Behandlung mit konzentriertem Kaliumnitrat).

Fig. 5. *Scindapsus pictus*, Plasmolyse in einer Faser des Blattes (nach Behandlung mit konzentriertem Glyzerin).

Fig. 6. *Hakea suaveolens*, Sclereide eines fünfjährigen Blattes (nach Färbung mit Kaliumbichromat).

Fig. 7. *Prunus cerasus*, Steinzellen im Endocarp einer zwei Monate alten Frucht (nach Behandlung mit Hämatoxylin).

Fig. 8. *Monstera deliciosa*, Faser der Luftwurzel (nach Behandlung mit Phenol und Hämatoxylin).

Puchinger H.: Lebensdauer sclerotisierter Zellen.

Fig. 1

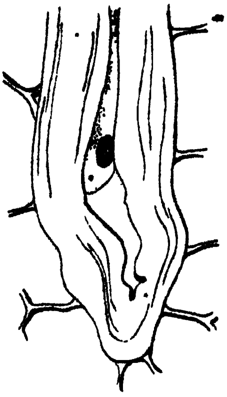


Fig. 2

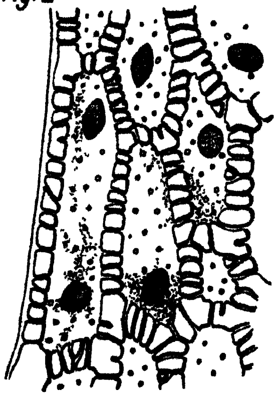


Fig. 3

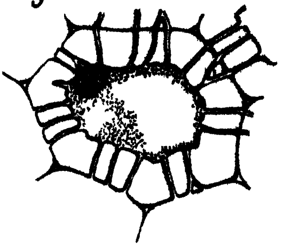


Fig. 4

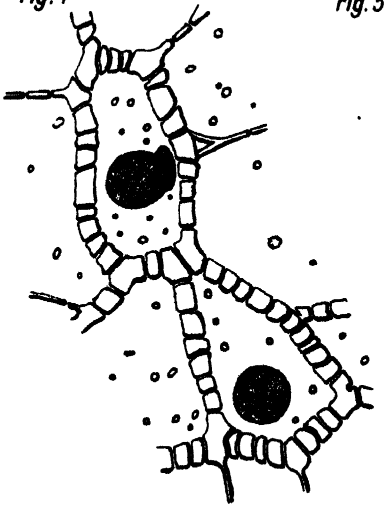


Fig. 5

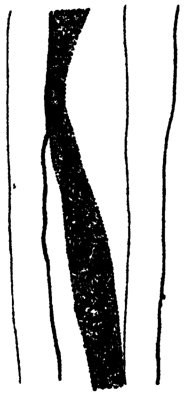


Fig. 6

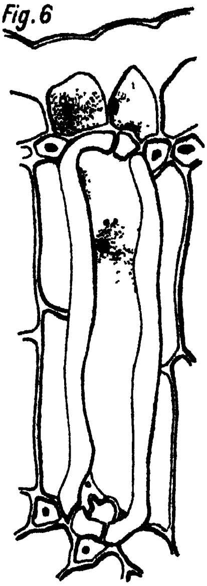


Fig. 7

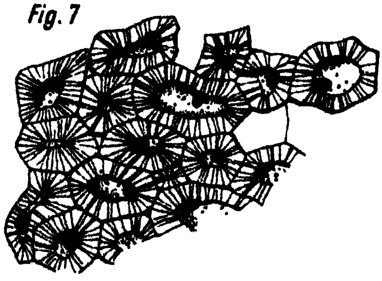
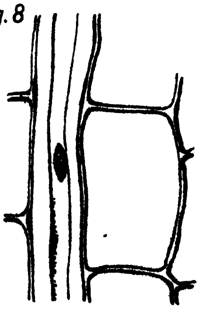


Fig. 8



Sitzungsberichte der Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, Abt. I, 131. Bd., 1922.

Keimungshemmende Substanzen in der Frucht von Solanum Lycopersicum und in anderen Pflanzen

(Vorläufige Mitteilung)

Von

Heinz Oppenheimer

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien
Nr. 175 der zweiten Folge

(Vorgelegt in der Sitzung am 26. Jänner 1922)

Die Möglichkeit, keimungshemmende Substanzen zur Erklärung von Hemmungserscheinungen an Sporen und Samen heranzuziehen, ist in der Literatur der letzten Jahre mehrfach erörtert worden. So schreibt Neger (1) der Flüssigkeit, in der die Konidien einer *Pestalozzia*-Art von dem Mycel der Mutterpflanze abgeschieden werden, eine keimungshemmende Wirkung zu, Zlataroff (2) fand, daß Samen von *Cicer arietinum* in der Keimung durch die eigenen Stoffwechselendprodukte beeinträchtigt werden. Gassner (3) nimmt an, daß die Wirkung des Lichtes auf lichtgehemmte Samen in der Aktivierung eines äußeren Hemmungsprinzips zu erblicken sei, und Magnus (4) gelang es sogar, bei *Phacelia tenacetifolia* einen derartigen Hemmungsstoff aus dem Samen zu isolieren.

Unter diesen Umständen muß man sich fast wundern, daß die normalen Keimungshemmungen, wie sie sich in fast allen fleischigen Früchten und vielen anderen Behältern von Fortpflanzungskörpern finden, noch fast gar nicht von diesem Standpunkt aus untersucht worden sind. Zwar nimmt Haack (5) an, daß der Terpentingehalt des Fruchtzapfens die Samen von *Pinus silvestris* daran hindere, in diesem zu keimen, und Wiesner (6) behauptete, daß der Schleim der Samen von *Viscum album* Hemmungsstoffe enthalten müsse, die die lange Samenruhe mitbedingen.

Erst Molisch wurde aber auf das allgemeine physiologische Problem aufmerksam, das hier vorliegt. Da Herr Hofrat Prof. Dr. Molisch selbst aus äußeren Gründen verhindert war, der Frage nachzugehen, stellte er mir die Aufgabe, die Ursachen dieser

Hemmungserscheinungen aufzuklären. Es ist mir ein dringendes Bedürfnis, Herrn Prof. Dr. **Molisch** und ebenso Herrn Dr. G. **Klein**, Adjunkten am Pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien, schon an dieser Stelle für ihre ständige Führung und Förderung meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Es ist in der Tat sehr auffällig, daß z. B. die Samen von *Cucumis sativa* und anderen Cucurbitaceen nur in sehr seltenen Fällen in der Frucht auskeimen, daß die Brutkörper der *Marchantia polymorpha*, den Brutbechern entnommen, innerhalb von vier Tagen vollzählig keimen, während in den Bechern verbliebene erst nach vier bis fünf Wochen die ersten, sehr vereinzelten Keimlinge zeigen. Ausnahmen von der allgemeinen Regel, die sich hier zeigt, sind zwar nicht selten, treten aber meist nur vereinzelt auf, z. B. bei *Zea Mays, Citrus Limonum* und einigen Varietäten von *Nicotiana rustica* (vgl. die Arbeit von **Savelli** Roberto im N. giorn. bot. ital., XXVII, Nr. 2—4, 1920, wo sich auch die ältere Literatur zusammengestellt findet). Dagegen sprossen nach **Schumann** (7) die Ascussporen der *Taphrina*-Arten regelmäßig schon in den Schläuchen aus. Solche Erscheinungen sind von der Viviparie wohl zu unterscheiden, wie **Savelli** betont, denn diese ist durch den Fortbestand des lebendigen Zusammenhanges mit der Mutterpflanze gekennzeichnet.

Meine Versuche haben nun für eine Pflanze, nämlich *Solanum Lycopersicum*, bereits zu Ergebnissen geführt, die mir von allgemeinem Interesse zu sein scheinen. Diese Spezies erwies sich darum als ganz besonders geeignet, weil ihre Samen bei etwa 20° C. eine außerordentliche Keimungsenergie entwickeln und vom Licht wenig beeinflußt werden. Sie keimen in den Kontrollschalen bereits, ehe bei ausreichender Desinfektion die Fruchtsubstanz in den Versuchsschalen sich durch Fäulnis wesentlich verändert hat.

Versuchsanstellung.

Die Aussaat erfolgte in Petrischalen auf einschichtigem Filtrierpapier, das stets bis zur Sättigung feucht gehalten wurde. Die Schalen wurden bei den ersten Versuchen im Gewächshaus des Instituts am Lichte, später meist im dunklen Wärmeschrank bei 22° const. aufgestellt. Das Gewächshaus zeigte eine Temperatur von etwa 20°, die nach oben und unten täglich um einige Grade schwankte. — Als Desinficiens für die Fruchtsubstanz erwies sich Toluol als sehr brauchbar. Ich überzeugte mich durch Versuche (s. u.), daß Toluol auch in starker Konzentration die Keimung der Samen nicht beeinflußt. Im folgenden sind einige Versuche, die mir die gelungensten zu sein scheinen, zusammengestellt.

1. Zunächst war zu untersuchen, ob die Hemmung vielleicht nur auf Sauerstoffmangel beruhe. Ich bin in keinem der zahlreichen Versuche einer Erscheinung begegnet, die sich dahin deuten ließe. Ob ich die Früchte in Scheiben zerlegte oder gewaschene Samen nach Entfernung der ihnen anhaftenden Schleimhülle in rohem Fruchtsaft aussäte oder sie gewaschen auf die Innenseite der abgezogenen Fruchthaut auslegte, immer bestand die Hemmung fort trotz reichlichen Luftzutrittes. Ich habe mich davon auch bei Anwendung größerer Gefäße überzeugt, in denen den Samen mehr Sauerstoff als in den Petrischalen zu Gebote stand.

2. Wie ich weiter fand, ist die Hemmungserscheinung offenbar auch nicht auf osmotische Verhältnisse zurückzuführen. Man könnte meinen, daß die Zellen des Fruchtfleisches gegenüber denen des Samens hypertonisch seien und für die Samen daher in der Frucht die erste Vorbedingung der Keimung, nämlich die Quellungsmöglichkeit, nicht gegeben sei. Ich entnahm Samen aus einer Frucht und wog sie nach Auswaschung und folgender kurzer Abtrocknung. Das Gewicht von 44 Samen betrug 19 *cg*. Sie wurden nun auf Filtrierpapier in destilliertem Wasser ausgelegt und nach drei Tagen, d. h. kurz vor Beginn der Auskeimung, wieder gewogen. Ihr Gewicht betrug jetzt 20 *cg*, hatte sich also nur unwesentlich erhöht. Wenn ich hieraus schließe, daß die Samen in der Frucht nicht durch Wassermangel, sondern durch andere Ursachen an der Keimung verhindert werden, so kann ich dies auch durch weitere Erfahrungen bestätigen. Ich beobachtete nämlich mehrfach Samen von außergewöhnlicher Größe (bis zu 4 *mm* Durchmesser), die nicht keimten, solange sie der Fruchtsubstanz auflagen. Übertrug ich aber derartige Samen in eine andere Schale, wo das Filtrierpapier mit Aqua destillata getränkt war, keimten sie in kurzer Zeit, ohne ihren Durchmesser noch weiter zu vergrößern. Vergleichende Bestimmungen des osmotischen Druckes des Fruchtsaftes einerseits und eines Samenextraktes andrerseits dürften diese Anschauung bestätigen.

3. Nun könnte man noch meinen, daß die Übertragung der Samen in reines Wasser nach dem Aufenthalt im Fruchtsaft auf die Zellen des Embryos als Reiz wirke und sie zu Teilungen veranlasse. Dies erscheint mir widerlegt, da ich zeigen konnte, daß bei Aussaat der Samen in Fruchtsaft verschiedener Konzentration die Keimungsenergie entsprechend dem Verdünnungsgrad wächst, in reinem Wasser aber wieder geringer wird. Es ergibt sich das deutlich aus dem folgenden Versuch, der gleichzeitig beweist, daß das Toluol auf die Keimung keinen Einfluß ausübt.

Versuch 1 (blieb gänzlich schimmelfrei).

10 Petrischalen (*A* 1—5 und *B* 1—5) mit einer Schicht Filtrierpapier. In *A* abnehmende Konzentration des Fruchtsaftes von $^1/_2$ bis $^1/_{32}$ der natürlichen Konzentration. Entsprechend sank die

Konzentration des als Desinficiens verwendeten Toluols von Schale zu Schale gleichmäßig, von 0·2 % bis auf 0·0125 %. Die Kontrollschalen der Reihe *B* wurden mit reinem Toluolwasser beschickt, dessen Konzentration in den Schalen 1 bis 5 0·2 %, 0·1 %, 0·05 %, 0·025 % und 0·0 % betrug. Aufstellung im Gewächshaus des Instituts am Lichte. Beginn: 10. November 1921. Je 30 Samen. Die Reihe *d* bezeichnet die Anzahl der seit Beginn des Versuches verflossenen Tage.

Keimungen (in Prozent).

d	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
6	0	0	0	0	30	47	13	37	37	0 !
7	0	0	3	24	71	60	47	53	60	0 !
8	0	7	13	52	80	80	83	80	80	10 !
9	0	13	24	82	100	93	87	87	96	50 !
11	0	33	50	90	—					
12	0	43	70	90	—	Toluolkontrolle aufgehoben !				
15	0	50	87	93	—					
20	0	80	90	100	—					
25	0	80	93	—						
27	7	80	93	—	—					
33	45	80	96	—	—					
37	70	90	96	—	—					

Das Ergebnis dieser Versuche spricht sehr deutlich gegen die Anschauung, daß die Entnahme aus der Frucht oder die Übertragung in Wasser auf die Samen als ‚Reiz wirke. Vielmehr sehen wir uns zu der Annahme genötigt, daß die Früchte unserer Versuchspflanze eine Substanz enthalten, die keimungshemmend wirkt und deren Wirksamkeit mit sinkender Konzentration des Saftes sich abschwächt. Ich habe ähnlich ansteigende Keimungszahlen bei sinkenden Saftkonzentrationen in entsprechenden Versuchen immer wieder erhalten. Da ich nicht steril experimentiert habe, fragte ich mich stets von neuem, ob nicht die größere Keimungshemmung in dem konzentrierteren Saft vielleicht von der reichlicheren Bildung keimungshemmender Zersetzungsprodukte herrühren möchte, die die trotz des Toluols sich zuweilen bildenden Kolonien von Bakterien und Schimmelpilzen hervorbringen könnten. Um dies zu entscheiden, verglich ich die Keimungsergebnisse in rohem und gekochtem Saft gleicher Konzentration. Der Schimmelbefall, den ich diesmal nicht zu verhindern suchte, war in beiden Schalen nicht unbeträchtlich und in der Schale mit dem abgekochten Saft stärker als in der anderen mit dem rohen Saft. Trotzdem keimten die Samen in der ersteren bedeutend besser, wie aus folgender Tabelle hervorgeht:

Versuch 2 (je 40 Samen).

Keimungen (in Prozent).

d	Auf rohem Saft	Auf gekochtem Saft
7	0	2·5
8	0	5
9	4	17
10	13	53
12	29	83
13	42	83
14	51	83
19	89 !	86
26	95 !	94

Wie man sieht, hatten die Samen auf gekochtem Saft nach 12 Tagen schon zu 83 % gekeimt, trotz der starken Zersetzungsvorgänge, während in der Schale mit rohem Saft erst jetzt, als der Schimmel wegen der starken Konzentration der eigenen Stoffwechselprodukte wieder zurückging, die Keimung erst recht einsetzte. Mir schien dieser Versuch so deutlich für das Vorhandensein einer nicht hitzebeständigen, keimungshemmenden Substanz im Fruchtsaft zu sprechen, daß ich auf die Durchführung eines sterilen Keimungsversuches glaubte verzichten zu können.

Nun konnte ich darangehen, die Natur des erschlossenen Körpers näher zu untersuchen. Hiermit bin ich jedoch noch nicht weit gelangt. Nur soviel kann ich sagen, daß es sich um einen kolloidalen Körper zu handeln scheint. Nach Ausschüttelung eines Saftfiltrates mit Alkohol und Äther erhielt ich einen weißlichen Niederschlag, von dem ich eine Suspension in destilliertem Wasser herstellte. Obgleich ich nur eine winzige Menge, schätzungsweise einige Zentigramm, von dem Niederschlag zur fortschreitenden Verdünnung verwendete, ergab sich auch hier wieder die bekannte ansteigende Reihe der Keimungszahlen:

Versuch 3 (Wärmeschrank 22° const.): 14. Dezember 1921.

Keimungen (in Prozent).

Tage d	Konzentration			H_2O
	c	$\frac{c}{2}$	$\frac{c}{4}$	
2	0	8	17	19
3	18	30	36	48

Offenbar war also die Hemmungssubstanz von dem Alkohol niedergeschlagen worden. Am vierten Tage nach Versuchsbeginn erhielt ich die Zahlen 61, 52, 61, 77.

Jetzt war also die Keimung bei der stärkeren Konzentration c besser als bei $\frac{1}{2}c$ und ebenso stark wie bei $\frac{1}{4}c$. Ich habe eine solche Umwandlung der hemmenden Wirkung in eine stimulierende, die an das Verhalten der Organismen gegenüber manchen Giften erinnert, mehrfach beobachten können (vgl. auch die letzten Zahlen des vorigen Versuches). Man mag diese Erscheinung auf eine teilweise Zersetzung der Hemmungssubstanz zurückführen können.

Zum Schluß erwähne ich, daß ich entsprechende Versuche auch mit *Cucumis sativa* und *Lagenaria vulgaris* durchgeführt habe. Es scheint auch hier eine Hemmungssubstanz vorhanden zu sein. Das Gleiche gilt von den Brutbechern der *Marchantia polymorpha.* Dagegen scheinen bei trockenen Früchten derartige Substanzen nicht überall vorzukommen. Samen von *Phaseolus multiflorus* und *Cheiranthus Cheiri* keimen auch willig in den Früchten, wenn diese feucht gehalten werden. Die Versuche darüber sind noch im Gange.

Literatur.

(1) **Neger.** Keimungshemmende und keimungsfördernde Stoffwechselprodukte. Naturw. Wochenschr. Neue Folge, XVII, p. 141—142.

(2) **Zlataroff, As.** Über das Altern der Pflanzen. Zeitschr. f. allg. Physiol., XXII. Bd., 2. Heft, 1916.

(3) **Gassner, G.**, Beiträge zur Frage der Lichtkeimung. Zeitschr. f. Botanik, 1915, p. 609 ff.

(4) **Magnus, W.**, Hemmungsstoffe und falsche Keimung. Ber. d. d. bot. Ges., 1920, p. (19)—(26).

(5) **Haack**, Die Prüfung des Kiefernsamens. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen, 1912, p. 1—64.

(6) **Wiesner, J.**, Pflanzenphys. Mitteilungen aus Buitenzorg, IV.

(7) **Schumann, K.**, Lehrbuch der syst. Botanik. Stuttgart 1894, p. 87.

Beiträge zur Lebensgeschichte der Thysanopteren

Von

Dr. Hermann Priesner

(Mit 7 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. März 1922)

II. Rhopalandrothrips obscurus (Uz.), Taeniothrips salicis (Rt.) und Taeniothrips dianthi Pr.

Am 2. August 1920 fand ich auf dem Pöstlingberge bei Linz in Österreich auf jungen, 2—3jährigen Birkensträuchern Larven und Imagines von *Rhopalandrothrips obscurus* (Uz.) (= *Physopus ulmifoliorum* var. *obscura* Uz.)

Die Larven waren in zwei Stadien vertreten und besonders an den zartesten, kaum entfalteten Blättchen zu finden. Die von den Thripsen besetzten Blätter waren zum Teil mißfarbig, bräunlich gefleckt, manche an den Rändern, besonders gegen die Spitze, eingerollt. Da ich sonst keine Insekten an den betreffenden Stellen auffinden konnte, ist anzunehmen, daß die Blätter von den Thripsen in der erwähnten Weise beschädigt wurden. Die Larven der betreffenden Art waren bisher nicht bekannt; bevor ich jedoch auf die Beschreibung derselben eingehe, ist es nötig, daß ich zur Systematik der Imagines einige Worte verliere.

Uzel beschrieb (Mon. Ord. Thys. 1895, p. 124) die Art unter dem Namen *Physopus ulmifoliorum* var. *obscura*, da sie mit *Taeniothrips salicis* (Rt.) (seinem *Ph. ulmifoliorum*) habituell ähnlich ist und er damals das eigenartig gebaute ♂ nicht kannte. Schille hielt das von ihm entdeckte ♂ für ein Monstrum des ♂ der Art *salicis* (Rt.) und bildete es ab in seinen »Materialien zu einer Thysanopterenfauna Galiziens« (Entom. Zeitschr., Frankfurt 1912, Fig. 11, Sep. p. 27).

Ich fand die Art in beiden Geschlechtern häufig auf *Corylus*-, *Alnus*- und *Betula*-Blättern in Oberösterreich und auf einer schmalblättrigen *Salix* an den Ufern des Skumbiflusses bei Elbasan in Albanien. Die Fühlerbildung des ♂ ist wie bei einer weiteren, von Uzel als *Physopus ulmifoliorum* var. *annulicornis* beschriebenen, im Rasen vorkommenden Art, so eigentümlich, daß mir die Aufstellung eines besonderen Subgenus für die beiden Arten, *Rhopalandrothrips* genannt, notwendig erschien, das im folgenden kurz charakterisiert ist.

1'' Fühler bei beiden Geschlechtern gleich gestaltet, stets 8-gliedrig. Maxillarpalpen des ♂ und ♀ 3-gliedrig .... Subg. **Taeniothrips** (sensu latiore).[1]

1' Fühler des ♂ mit lang schaftförmigem 6. Gliede, 8-gliedrig oder 6-gliedrig. Maxillarpalpen des ♂ 2- bis 3-gliedrig, des ♀ 3-gliedrig .... Subg. **Rhopalandrothrips** Pr. i. l.

Subgenus ***Rhopalandrothrips*** Pr. i. l.

Artenübersicht.

1'' Fühler des ♂ 8-gliedrig. — Körperfarbe dunkelbraun, Fühler meist ganz schwarzbraun .... **obscurus** Uzel.

1' Fühler des ♂ 6-gliedrig, Stylus fehlt. — Körperfarbe hellgelb, Körper oben stellenweise schwach grau getrübt. Fühler gelb, grau geringelt .... **annulicornis** Uzel.

Taeniothrips (Subg. *Rhopalandrothrips*) **annulicornis** Uzel, Mon. Ord. Thys. 1895, p. 124; Priesner, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1919, p. 122, Anm. 2; ders., 78. Jahresber. Mus. Linz, 1920, p. 54, Sep. p. 7.

♀: Körperfarbe hellgelb bis grünlichgelb. Körper oben mit grauer Zeichnung oder ohne solche. 1. Fühlerglied gelblich, 2. hell, grau getrübt, 3. am Grunde weißlich, an der Spitze getrübt, 4. ähnlich, 5. nur am äußersten Grunde weißlich, die übrigen Glieder dunkel. Borsten am Körper dunkel, lang. Schenkel und Schienen außen kaum getrübt. Flügel schwach grau getrübt. Borstenzahl und Borstenstellung wie bei *obscurus* (Nebenader jedoch mit nur 8 bis 10 Borsten), Fühler ähnlich wie bei *obscurus* gebildet.

Körperlänge: 1 *mm*.

♂: (Synonym: *Thrips nigropilosus* var. (♂) *clavicornis* (Karny) Priesner, Zeitschr. österr. Entom. Ver. 1921 (p. 37.) Wie das ♀ gefärbt, viel kleiner, flügellos. Fühler 6-gliedrig. Maxillarpalpen 2-gliedrig (beim ♀ 3-gliedrig). Das 3. Fühlerglied langgestreckt, länger als das 4., das 5. viel kürzer als das 4. (meist um 0·3 kürzer), das 6. sehr lang, um 1·8 länger als das 5. oder nur um 1·2 länger, selten dreimal so lang als das 5. Glied, also von variabler Länge, mitunter etwas unregelmäßig gestaltet; ringsum ist es mit dunklen Borsten besetzt.

---

[1] Siehe: Priesner, 78. Jahresbericht d. Mus. Franc. Carol., Linz 1920, p. 54 (Sep. p. 7) u. Anm. 5.

Vorkommen: In beiden Geschlechtern im Rasen (man kätschert die Art auf Wiesen) nicht selten, auch im Gebirge, die ♀♀ von April bis September; die ♂♂ fand ich im Mai, August und September. Letztere sind seltener, bis jetzt sind 7 Exemplare bekannt.

Verbreitung. Böhmen, Österreich, Südtirol.

Taeniothrips *(Rhopalandothrips)* **obscurus** Uzel Mon. Ord. Thys. 1895, p. 124; ? Schille, Materialien, Sep. p. 13; ? Reuter, Finska Thys., 1896, p. 52 et 53; *schillei* Priesner, Ent. Zeitschr. Frankfurt 1914; ders., W. Ent. Zeitg., 1914, p. 192; ders., Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien 1919, p. 122, Anm. 2; ders., Jahresber. d. Mus., Linz 1920, p. 54. — **Nec** *salicis (ulmifoliorum)* var. *obscurus* Priesner,[1] Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss, Wien 1919, p. 123; Zeitschr. d. österr. Entom. Ver. 1919, p. 104; Jahresber. Mus. Linz 1920, p. 54. —

♀: Körperfarbe dunkel- bis schwarzbraun, Thorax meist rötlich getönt. Fühler schwarzbraun oder graubraun, 1. Glied oft heller graubraun, Beine gelblich, Tibien und Schenkel stark grau getrübt.

Kopf kleiner als bei *Taen. salicis* Rt. und kürzer; Interocellarborsten sehr weit nach innen gerückt. 3. Fühlerglied viel schlanker als bei diesem, ebenso das 4.; 4. kürzer als das 3., beide an der Spitze etwas halsförmig geschnürt. 5. Glied klein, abgestutzt, gegen die Spitze aber dennoch schwach verengt. 6. am Grunde nicht so breit wie bei *salicis*, so lang oder wenig kürzer als das 3. Glied. Stylus ziemlich lang, 2. Glied länger als bei *salicis*. Vorderflügel stark grau getrübt, Hauptader mit 2 Distalborsten, Nebenader mit 13 bis 14 Borsten. Körperlänge: 1 bis 1·2 *mm*.

Forma **trisetosa** nov. (W. Ent. Zeitg. 1921, p. 117, Anm. 4. — Hauptader mit 3 Distalborsten, von denen die erste von der zweiten und dritten weit abgerückt ist. Sonst wie die *forma typica* (Österreich).

Forma **pallens** nov. — Gelbbraun, Fühler graubraun, das 3. Glied am Grunde gelb. Flügel nur sehr schwach getrübt.

Vorkommen: Die ♀♀ von April bis September (♂♂ vom Juni an) auf Blättern von *Salix*, *Corylus*, *Alnus* und *Betula*, häufig.

Verbreitung: Polen, Böhmen, Österreich, Albanien.

---

[1] Für die dunkle Form des *Taeniothrips salicis*, die ich bisher für *obscurus* Uz. hielt, muß ein neuer Name (*forma* ***fusca*** m. nov.) eingeführt werden. Die Form ist von *salicis* typ. ♀ durch fast gleichmäßig graubraune Farbung verschieden.

Beschreibung der Larven von Rhopalandrothrips obscurus.

I. Stadium.

Körper plump, weißlich, durchsichtig. Augen rot. Die langen Borsten an Kopf und Prothorax deutlich geknöpft. Fühler wie in Fig. 1, das 3. Glied nur um 0·15 länger als breit, das letzte Glied mit 6 langen Borsten. Abdomen schmal, mit der normalen Zahl Borsten (am 1. Segment dorsal 4, an den folgenden (2. bis 8.) 6 Borsten); diese sind kurz, 12 bis 24 μ lang, schwach geknöpft (in Alkohol gesehen!). Die Borsten des 9. und 10. Tergites sind länger (über 40 μ lang), stärker geknöpft: am 9. sieht man oben 4 lange, am 10. zwei lange, geknöpfte und 2 kurze Borsten. Die Kutikula des Abdomens ist mit winzigen, einfachen (nicht henkelförmigen Wärzchen dicht besetzt; diese sind mit kaum bemerkbaren Härchen ausgestattet. Die Abdominalborsten sind kürzer als bei Stadium II.

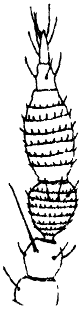


Fig. 1.

Körpermaße: Fühler 14 (24), 24 (22), 30 (26), 49 (27), 12 (11), 20 (7 bis 8). Kopfbreite 70 bis 80. Mesothoraxbreite 120. Abdomenbreite 102. Länge des 9. Abdominalsegmentes zirka 27, des 10. Segmentes zirka 38 (Mikron). Gesamtlänge: 0·40 bis 0·56 *mm*.

II. Stadium.

Körperfarbe gelb, Basis der Schenkel, Schienen zum Teil und die Tarsen lichtgrau; ebenso ein Fleckchen vorn am Kopf, der größte Teil der Fühler und der Hinterrand des 9. und 10. Abdominalsegmentes. Die Borsten am Körper grau. Augen rot. An den Fühlern das 3. Glied um 0·8 länger als breit, im übrigen wie in Fig. 2 skizziert gebaut. Die Ringel am 3. Glied ziemlich tief eingeschnitten. An den Augen zähle ich nur 3 Fazetten. Innerhalb derselben stehen in einer Querreihe 4 längere Borsten, die schwach geknöpft sind, seitlich, vor den Augen 2 spitzige Borsten. Die Borsten am Pro-, Meso- und Metathorax abgestutzt, einige des Metathorax an der Spitze ausgefranst oder zeigen schon vor der Spitze Seitenästchen (Fig. 3). Am Prothorax zähle ich oben 14, am Mesothorax 14 Borsten; am Metathorax 10, von denen jederseits 3 von den zwei mittleren, hintereinander liegenden Paaren abgerückt erscheinen. Das 1. Abdominalsegment trägt 4 ausgefranste, das 2. bis 8. oben jederseits 6 an der Spitze oder vor derselben ausgefranste, braungrau gefärbte Borsten. Das 9. Tergit hat 4 nicht gefranste, aber gekeulte Borsten, das 10. Segment 2 schwach gekeulte dorsale Borsten. Das 9. Segment ist am Hinterrande sehr fein gekerbt.

Maße: Fühler 16 (27), 26 (22), 45 (24), 57 (20), 14 (13), 22 (8). Prothoraxbreite: 170. Mesothoraxbreite: 204. — 9. Abdominalsegment 41, 10. Segment 35 lang. Gekeulte Borste am 9. Segment 46, gefranste Borsten am 2. bis 8. Segment 20 bis 35 lang (Mikron). — Gesamtlänge: 0·9 bis 0·97 *mm.*

Von der Larve von *Taeniothrips salicis* (Reut.) durch merklich (aber nur ganz wenig) tiefer gelbe Körperfarbe, etwas weniger gestreckte Fühler, besonders etwas kürzeres und breiteres 3. Fühlerglied,[1] sehr schwache, aber deutlich sichtbare Borstenkränzchen an den distalen Ringeln des 3. Fühlergliedes, dann durch die dunklere Färbung der Körperborsten, hauptsächlich aber durch die kräftigere Gestalt der Borsten verschieden. Die Borsten sind zwar nicht länger, wohl aber kräftiger als bei *salicis*; eine Seitenborste des 3. Tergites z. B. ist bei *salicis* am Grunde etwa 2 μ, bei *obscurus* 7 μ dick. Die am Metathorax befindlichen Borsten sind bei *salicis* an der Spitze deutlich ausgefranst, aber doch nicht so stark zerspalten wie bei *obscurus*, ebenso die Borsten des 1. bis 6. Abdominaltergites an der Spitze ausgefranst, aber nicht so stark, wie dies bei *obscurus* der Fall ist und niemals treten bei *salicis* an den Seiten der Borsten Spitzen oder Ästchen hervor, was bei *obscurus* an den Segmenten 1 bis 8 stets der Fall ist (Fig. 3). Das 8. Segment ist bei *salicis* nahezu einfach beborstet, die Borsten aber doch nicht völlig scharf, dies nur bei Seitenansicht. Das 9. Segment hat oben 4 schwach geknöpfte, das 10. Segment 2 derartige Borsten. Die Ventralborsten sind einfach und spitzig. Die Grundskulptur des Abdomens ist bei *salicis* viel feiner, die Pünktchen (äußerst feine Erhabenheiten) sind nur bei stärkster Vergrößerung sichtbar, auch die daran sitzenden Härchen merklich zarter als bei *obscurus.*

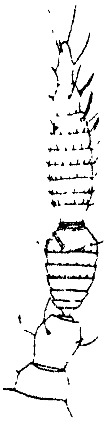


Fig. 2.

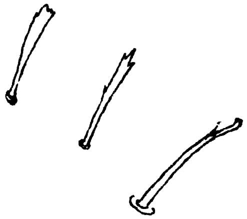


Fig. 3.

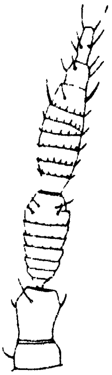


Fig. 4.

---

[1] Siehe Fig. 4.

Maße von *T. salicis* (in Mikron): Fühler, 14 (24), 27 (23), 49 (22), 55 (20), 14 (12), 22 (8). Prothoraxbreite: 160. Metathoraxbreite: 247. Abdomenbreite: 272. — Gesamtlänge: 1 *mm.*

Die Puppenstadien von *R. obscurus* sind mir noch nicht bekannt, wohl aber die des **T. salicis**, und zwar sowohl Vorpuppe als auch Puppe.

I. Vorpuppe.

Von diesem bei Thysanopteren in der Regel selten anzutreffenden Stadium fand ich am 16. August 1919 bei Ibm in Oberösterreich, am Rande des großen Moores, unter Weidenrinde 18 Exemplare.

Das Stadium ist dadurch ausgezeichnet, daß bereits Flügelscheiden sichtbar sind, unterscheidet sich aber von der Puppe dadurch, daß die Scheiden nur mäßig lang sind; die der Vorderflügel erreichen nur die Mitte, die der Hinterflügel den Hinterrand des 2. Abdominalsegmentes; ferner tragen die ersteren am Außenrande nahe der Basis zwei, gegen die Spitze eine Borste, während beim folgenden Stadium der Außenrand zahlreiche Borsten trägt. Die Augen sind noch so klein wie bei der Larve. Der Kopf ist mit nur sehr wenigen, sehr dünnen Härchen besetzt. Prothorax mit sehr dünnen und langen Borsten versehen. Abdomen, besonders an der Spitze, mit langen, dünnen, gebogenen Borsten. Die letzten Abdominalsegmente ohne dornartige Kutikularbildungen. Körperfarbe hell weißlichgelb. Fühler kurz (Fig. 5), von einer Kutikularscheide umhüllt, frei abstehend, nicht nach oben zurückgeschlagen; sie sind nicht deutlich segmentiert, wie dies bei der Larve der Fall ist, es läßt sich aber eine innere Segmentierung zum Teil erkennen, die mit den äußeren Unebenheiten nicht übereinstimmt (Umwandlung des Larvenfühlers in den Nymphenfühler). An der Spitze des Fühlers sind innerhalb der Chitinscheide der Präpupa 2 nebeneinander liegende sinneskegelähnliche Spitzen wahrzunehmen, deren Bedeutung mir unklar ist. Die Geschlechter konnte ich in diesem Stadium nicht mit Sicherheit erkennen, die ♂♂-Vorpuppen scheinen mir etwas schmächtiger gebaut zu sein. Die Untersuchung der Anlagen des Genitalapparates dürfte wohl nur mit Hilfe der zoologischen Schneidetechnik zwecks Erkennung der Geschlechter möglich sein.

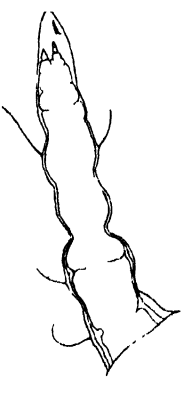


Fig. 5.

Maße (mittelgroßes Exemplar): Fühlerlänge: 196 bis 204. Mesothoraxbreite: 238 (Mikron). — Körperlänge: 1·16 *mm.*

II. Puppe.

Unter der glashellen Kutikula läßt sich der Körper der Imago erkennen. Kutikula mit sehr langen und dünnen Borsten besetzt.

Fühler auf Kopf und Prothorax zurückgeschlagen, Flügelscheiden lang, die der Vorderflügel außen mit 16 bis 23 langen Borsten besetzt, sie erreichen etwa das 5. Abdominalsegment oder überragen es etwas. Abdomen mit langen (spitzigen) Borsten.

♀: Größer und kräftiger, Borsten am Außenrande der Vorderflügel zahlreicher. 10. Abdominalsegment oben in eine Spitze ausgezogen (Fig. 6), in welche sämtliche langen Abdominalborsten der Imago hineinragen. Der Stachel dient diesen Borsten als Scheide.

♂: Kleiner und schmäler, Borsten am Vorderflügelinnenrande weniger zahlreich. Abdomenende oben ohne Dornfortsatz. Das 9. Segment aber auf der Unterseite mit je einem vorspringenden Seitenhöcker, in der Mitte mit einem klammerförmigen Fortsatze (Fig. 7).

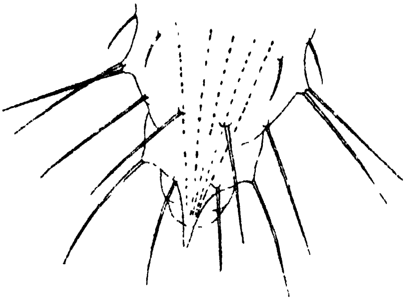


Fig. 6.

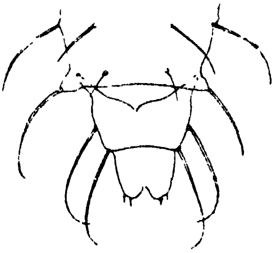


Fig. 7.

Maße des ♀: Kopfbreite: 160. Mesothoraxbreite: 221 (Mikron). — Gesamtlänge: 1·24 *mm*.

Maße des ♂: Kopfbreite: 136. Mesothoraxbreite: 179 (Mikron). — Gesamtlänge: 0·95 *mm*.

Unter den Larven und Nymphen — ich fand insgesamt 4 Larven (II. Stadium), 18 Vorpuppen, 16 ♂- und 18 ♀-Puppen — fanden sich unter der Weidenrinde auch mehr weniger ausgereifte Imagines, und zwar auffallenderweise mehr ♂♂ als ♀♀, von ersteren 16, von letzteren 8 Stück. Die Tiere waren nur unter feuchter, fast dicht anliegender Rinde, in kleinen Gruppen beieinander, zu sehen. Das Fehlen der jüngeren Larven[1] spricht dafür, daß die zur Verpuppung reifen Larven von *T. salicis*, die wohl auf den Blättern von *Salix* so wie die (reifen) Imagines leben, die Baumrinde als Versteck aufsuchen, wo die Verpuppung ungestört vor sich gehen kann. So fand ich unter Rinde keine einzige ausgefärbte Imago, da die ausgereiften Tiere auf den Blättern der Weiden leben, wo sie auch damals an den Rändern des Moores sehr häufig in beiden Geschlechtern anzutreffen waren. Im Mai (22.) 1920 fand ich an derselben Lokalität 1 erwachsene Larve, 3 Vorpuppen und 1 unreife Imago unter Weidenrinde.

---

[1] Daß ich junge Larven, die vielleicht vorhanden gewesen wären, nicht übersehen habe, dafür spricht, daß ich die wohl ebenso kleinen Eier von *Tricholhrips pini* Hal. ebendort nicht übersah.

Die Larven von Taeniothrips dianthi Pr.[1]

Im II. Stadium sehr ähnlich der Larve von *Taeniothrips salicis* Rt., speziell in der Körperfarbe und Fühlerbildung, von dieser in folgenden Punkten verschieden: Das letzte Fühlerglied etwas länger und schmäler; sämtliche Abdominalborsten erscheinen niemals ausgefranst, sind aber auch nicht scharfspitzig, sondern sie zeigen (in Alkohol!) ein äußerst feines Knöpfchen an der Spitze; sie sind nur mäßig lang, die Lateralborsten des 7. Segmentes z. B. messen 47 µ. Sehr auffällig ist die Hautskulptur. Der Körper zeigt Querreihen von kleinen, gebogenen Längskielchen, die sich bei starker Vergrößerung henkelförmig gestaltet zeigen; sie sind an den Abdominalsegmenten in je 6 bis 9 Querreihen angeordnet, in der Mitte der Segmente sind sie am größten, gegen den Vorder- und Hinterrand hin am kleinsten. Die längsten dieser Kielchen sind etwa 7 bis 8 µ lang. Hautbörstchen sind keine vorhanden. Bei den Larven von *T. salicis* und *Rh. obscurus* finden wir diese Skulptur nicht, bei beiden besteht die Hautskulptur in äußerst winzigen Körnchen, auf denen feinste Börstchen sitzen.

Das I. Stadium der *dianthi*-Larve, von dem ich nur 1 Exemplar sah, ist sehr ähnlich dem entsprechenden von *Rh. obscurus*, die Fühlerringelbörstchen sind weniger deutlich; das 3. Fühlerglied ist etwas gestreckter, seitlich weniger stark gerundet,[2] eine Strecke fast geradlinig distalwärts erweitert, ferner ist das Endglied etwas länger. Die charakteristische Hautskulptur ist schon beim I. Stadium gut zu erkennen, die einzelnen henkelförmigen Leistchen sind viel kleiner als bei der II. Larve.

Vorpuppe und Puppe dieser Art sind mir noch nicht bekannt geworden.

Das Larvenmaterial erhielt ich vor längerer Zeit von Dr. L. Fulmek samt Imagines; es stammt aus Niederösterreich (Floridsdorf), wo es an Blattverkrümmungen der Nelkentriebe (Gartennelke) vorgefunden wurde. Leider ist die Larve des nahe verwandten *T. frontalis* Uz. noch nicht bekannt, sodaß ich nicht sagen kann, wodurch sie sich von *dianthi* unterscheidet. Die *frontalis*-Larve dürfte jedenfalls robuster gebaut sein.

Aus obigem ist ersichtlich, daß es uns möglich ist, daß wir im Imaginalzustand einander sehr ähnliche Arten doch auch im Larvenzustand gut unterscheiden können und ich glaube hiermit andeuten zu müssen, daß sich uns so für die Erforschung der Lebensgeschichte der Thysanopteren wichtige Perspektiven eröffnen. Aber auch, was die praktische Seite der Thysanopterenkunde anlangt, wird man auf diesem Wege gute Fortschritte machen. Es sind mir schon öfter Thysanopterenlarven als Kulturschädlinge eingesandt worden, ich habe aber damit meist nicht viel anfangen können, höchstens Vermutungen über die Gattungszugehörigkeit aussprechen können. Wir stehen eben, was den entwicklungsgeschichtlichen Teil der Thysanopterologie betrifft, noch in den ersten Anfängen.

---

[1] W. Ent. Zeitg., 38. Bd., Heft 4 bis 8, 1921, p. 116.

[2] 6. Glied 22 µ lang, 7 µ breit.

Verzeichnis der Figuren.

Fig. 1. Rechter Fühler der Larve (I. Stadium) von *Rhopalandrothrips obscurus* (Uz.) von unten. — Vergrößerung 265 fach.

Fig. 2. Rechter Fühler der Larve (II. Stadium) von *Rhopalandrothrips obscurus* (Uz.) von unten. — Vergrößerung 265 fach.

Fig. 3. Abdominalborsten der Larve (II. Stadium) von *Rhopalandrothrips obscurus* (Uz.) — Vergrößerung zirka 600 fach.

Fig. 4. Rechter Fühler der Larve (II. Stadium) von *Taeniothrips salicis* (Reut.) — Vergrößerung 265 fach.

Fig. 5. Fühler der Praepupa von *Taeniothrips salicis* (Rt.) von unten. — Vergrößerung 265 fach.

Fig. 6. Abdomenende der Pupa von *Taeniothrips salicis* (Rt.) ♀, von oben — Vergrößerung 265 fach.

Fig. 7. Abdomenende der Pupa von *Taeniothrips salicis* (Rt.) ♂, von unten — Vergrößerung 265 fach.

Neue freilebende Nematoden aus Suez

Von

Heinrich Micoletzky (Innsbruck)

Aus dem Zoologischen Institute der Universität Innsbruck

(Mit 13 Textfiguren)

Ergebnisse einer von Dr. Ad. Steuer mit Unterstützung des Ministeriums für Kultus und Unterricht und des Vereines zur Förderung deutscher Kunst und Wissenschaft in Prag unternommenen Studienreise nach Ägypten, III[1].

(Vorgelegt in der Sitzung am 23. Februar 1922)

Aus den von Prof. Ad. Steuer bei Suez an 2 Örtlichkeiten gesammelten und in Alkohol konservierten Proben habe ich bei Durchsicht der gesamten Fänge 1825 freilebende Nematoden gewonnen, die sich auf 24 Gattungen und 46 Arten verteilen. Die beiden Fundplätze sind: 1. Korallenriff, 1 bis 2 *m* Tiefe, Sandgrund mit viel *Ulva lactuca* (L.)[2], *Cystoseira montaguei* J. Ag. und *Sargassum* sp. 1215 Nematoden auf 26 cm^3 Setzvolumen, August 1905. 2. Algen von Steingrund (Kai), Fort Tewfik. 610 Nematoden auf 25 cm^3 sehr feinflockigem Schlamm.

In dieser Mitteilung sollen nur die neuen Arten in alphabetischer Reihenfolge bekannt gemacht werden; eine spätere Abhandlung in diesen Berichten wird die bereits bekannten Arten sowie allgemeine ökologische Angaben enthalten.

Für die gütige Überlassung der reichhaltigen Proben bin ich Herrn Prof. Steuer, dem ich auch für Literaturhinweise, Anregungen und Ratschläge sehr verbunden bin, zu großem Dank verpflichtet.

Bezüglich der Literatur sei erwähnt, daß aus dem Roten Meere meines Wissens bisher nur zweimal freilebende Nematoden bekannt geworden sind: 1891 durch Cobb[3] und 1921 durch

---

[1] Siehe diese Berichte, Bd. 118, Abt. I, November 1909 und Bd. 119, Abt. I, Juni 1910.

[2] Die Bestimmung der Algen verdanke ich meinem ehemaligen Kollegen, Herrn Dr. H. Cammerloher (Java).

[3] Cobb N. A., Arabian Nematodes, in Proceed. of the Linnean Soc. of N. S Wales. Vol. V. Sydney 1891.

Steiner.[1] Ersterer machte 7 größtenteils neue Arten von Arabiens Küsten, letzterer 4 Arten (davon 2 neue, 1 Varietät) bekannt. Von diesen 10 Arten[2] habe ich mit Sicherheit nur 3[3] wiederfinden können, ein Hinweis, wie unvollständig auch nach meinen Mitteilungen die Nematodenfauna dieses Gebietes bekannt ist.

Zunächst gebe ich der Übersichtlichkeit halber ein alphabetisch geordnetes Verzeichnis aller bei Suez von mir gefundenen Arten; die hier beschriebenen neuen Arten sind **fett** gedruckt.

Anticoma acuminata (Eberth), *Araeolaimus bioculatus* (de Man) v. *filiformis* n. v., *Araeol. (Araeolaimoides) cobbi* Steiner, *Araeol. elegans* de Man; ***Bolbella cobbi*** n. sp.; *Chromadora filiformis* Bast., *Chr. laeta* de Man, ***Chr. mediterranea*** n. sp., *Chr. nudicapitata* Bast., *Chr. (Spilophora) paradoxa* de Man, ***Chr. parapoecilosoma*** n. sp.; *Chr. (Spilophora) parva* de Man, ***Chr. procera*** n. sp.; ***Cyatholaimus (Acanthonchus) steueri*** n. sp.; *Desmodora (Xanthodora) micans* (Eberth), ***Desmodora ditlevseni*** n. sp.; *Enchelidium acuminatum* Eberth; *Enoplus* sp.; *Euchromadora striata* (Eberth); *Eurystoma ornatum* (Eberth); *Halalaimus gracilis* de Man; *Leptosomatum bacillatum* (Eberth); *Linhomoeus obtusicaudatus* de Man, ***Linhomoeus*** sp.$_1$, ***Linhomoeus*** sp.$_2$, ***Linhomoeus*** sp.$_3$; ***Monohystera (Theristus) paranormandica*** n. sp., *Mon. parva* (Bast.), *Mon. polychaeta* Steiner; *Oncholaimus dujardini* de Man, *O. exilis* Cobb (syn. *O. aegypticus* Steiner!), *O. (Viscosia) glaber* Bast., *O. megastoma* Eberth, *O. papilosus* Eberth?, ***Oncholaimus*** sp; *Pelagonema simplex* Cobb; *Phanoderma tuberculatum* (Eberth); *Sabatiera tenuicaudata* Bast. v. *cleopatris* n. v.; *Symplocostoma tenuicolle* (Eberth), *Sympl. pauli* (Marion); *Syringolaimus striaticaudatus* de Man, ***Syr. brevicaudatus*** n. sp.; ***Thoracostoma steineri*** n. sp.; *Tripyloides vulgaris* de Man, ***Tylenchus mediterraneus*** n. sp.; endlich eine neue **Art eines neuen Genus**, vermutlich aus der *Thoracostoma*-Gruppe.

1. Bolbella cobbi n. sp.

Das von Cobb 1920[4] auf Grund einer einzigen Art *B. tenuidens* aufgestellte Genus *Bolbella* erinnert ungemein an *Symplocostoma* Bast. und unterscheidet sich in beiden Geschlechtern nur durch den Besitz von 6 bis 8 unmittelbar hintereinander gelegenen muskulösen Bulben am Hinterende des Ösophagus, die, worauf ich besonders hinweisen möchte, auch an jugendlichen Tieren stets deutlich ausgebildet sind. Die Männchen von *Bolbella* besitzen — wenigstens bei *B. tenuidens* — präanale Hilfsorgane (»ventouses«, »supplements«), die an *Eurystoma* Marion erinnern.

---

[1] Steiner G., Beiträge zur Kenntnis mariner Nematoden, in Zoolog. Jahrb., Abt. System, Bd. 44, H 1 bis 2, Jena 1921.

[2] *Oncholaimus exilis* Cobb ist synonym mit *O. aegypticus* Steiner. Diese Art ist mithin gemeinsam.

[3] *Chromadora (Spilophora) paradoxa* de Man 1888 syn. *Spilophora ceylonensis* Cobb 1891, *Oncholaimus exilis* Cobb 1891 und *Symplocostoma tenuicolle* (Eberth) syn. *S. longicolle* Bast.

[4] Cobb N. A., One hundred new Nemas. Contributions to a science of Nematology IX., in Waverly Press, Baltimore, Nov. 1920.

Anfänglich — die vorstehenden Untersuchungen wurden im Herbst 1919 begonnen — habe ich *Bolbella* und *Symplocostoma* nicht in meiner Fangliste (Korallenriff) unterschieden; eine abermalige Überprüfung nach dem Erscheinen der schönen, inhaltsreichen Abhandlung von Cobb ergab, daß an beiden Örtlichkeiten beide Genera, wenn auch in verschiedenem Verhältnis, vorkommen.

Maße von *Bolbella cobbi*.[1]

♀ *L* 6·3 und 5·5 *mm*, *a* 105 und 75, *b* 6·1 und 5·4, *c* 32·6 und 44, *V* 56 und 57 $^0/_0$, G_1 9·5 und 6·2 $^0/_0$, G_2 7·0 und 7·1 $^0/_0$, Eizahl 1 beim größeren ♀, 210 : 66 μ, *nr* 43 und 45 $^0/_0$, *Vec* 140·5 und 133 $^0/_0$, *Sd* 3·4 und 4·1.

Gesamtzahl 90, davon 5 ♀ (2_0),[2] kein ♂, Rest juv.

Körperform: Die Körperbreiten am Vorderende (Kopfborstenbasis) : Nervenring : Bulbusende : Körpermitte : After : Schwanzende verhalten sich wie

0·26 (0·205) : 0·8 (0·61) : 0·98 (0·78) : 1 : 0·55 (0·47) : 0·23 (0·19),

wobei an erster Stelle das größere, eingeklammert das kleinere, eierlose ♀ erscheint. Die Verjüngung nach vorne ist weniger beträchtlich als bei der verwandten Art. Im übrigen genügt es, die Unterschiede gegenüber *B. tenuidens* hervorzuheben. 1. Unsere Art besitzt eine glatte, ungeringelte, nicht längsstreifige Kutikula gegen *B. t.* mit außerordentlich fein quergeringelter und längsstreifiger Kutikula. 2. Die Körperwand beträgt $^1/_4$ gegen $^1/_3$ des Radius, ist mithin bei *B. c.* dünner. 3. Die Halsborsten bleiben viel kürzer (*B. c.* $^1/_4$ bis $^1/_5$ des entsprechenden Körperdurchmessers gegen 1 Körperdurchmesser und darüber bei *B. t.*) 4. Pigment und Linse sind wie bei *Symplocostoma tenuicolle* entwickelt, fehlen aber bei *B. t.* 5. Die Ventraldrüse ist groß und auffällig, links verschoben, das Ventraldrüsenende 4 bis 6·4 Körperbreiten am Ösophagusende von diesem entfernt; bei *B. t.* ist die Drüse klein, ventral und ihr Ende nur etwa 3 Körperbreiten entfernt. Der Exkretionsporus liegt bei unserer Art auf halber Mundhöhlenhöhe, die Exkretionsendblase weit dahinter. 6. Der Ösophagus trägt stets nur 6 gleich große

---

[1] *L* bedeutet absolute Körperlänge, *a* relative Körperbreite, *b* relative Ösophaguslänge, *c* relative Schwanzlänge als Quozient der Körperlänge, *V* Vulvalage in Körperlängeprozenten vom Vorderende, G_1, G_2 vordere, beziehungsweise hintere Gonadenausdehnung in Prozenten der Körperlänge, ***nr*** Nervenring in Prozenten der Ösophaguslänge vom Vorderende, *Vee* Ende der Ventraldrüse in Ösophaguslängeprozenten vom Vorderende, *Sd* Schwanzdrüsenzellenbeginn in Schwanzlängen vom After gemessen.

[2] $_0$ als Index einer Ziffer bedeutet die Anzahl der eiertragenden Weibchen.

Bulben, bei *B. t.* nach Cobb's Abbildung deren 8, der vorderste ist kleiner. 7. Der Enddarm ist stets länger (1·2 bis 1·4) als der entsprechende Körperdurchmesser, bei *B. t.* ebenso lang. 8. Das Schwanzende trägt keine Borsten, bei *B. t.* werden beim ♂ (ob auch beim ♀?) mehrere Endborsten gezeichnet.

Der Hauptunterschied liegt in den Halsborsten, Ocellen, Ösophagealbulben und Ventraldrüse.

Vorkommen: Suez 1 15 Tiere; Suez 2 75 Tiere als zweithäufigste Art! Rovigno,[1] Arca-Grund 25 *m* tief, überall zusammen mit *Symplocostoma tenuicolle.*

Chromadora Bast.

mit dem SG. *Spilophora* (Bast.).

Dieses Genus läßt nach den mir vorliegenden Mittelmeervertretern eine Einteilung zu in eine Untergruppe *A* mit punktförmiger Auflösung der Kutikula, meist kugeligem bis birnförmigem Ösophagealbulbus und dorsoventral nicht stark verschiedenen Endröhrchen, sowie in eine Untergruppe *B* mit wenigstens in oder hinter der Körpermitte in Stäbchen auflösbaren Kutikularkörperchen, mit meist länglichem, 2 oder mehrere muskelarme Unterbrechungen aufweisendem Ösophagealbulbus und kurzem, dorsoventral verschieden stark gekrümmten Endröhrchen.[2]

Die unten beschriebenen neuen Arten gehören zu Gruppe *B.*

2. **Chromadora mediterranea** n. sp.

Fig. 1 *a* bis *c.*

Maße: *L* ♀ 0·83 *mm* (0·96 *mm*),[3] *a* 27 (20), *b* 6·6 (4·7), *c* 7·2 (6·9), *V* 45 (52%), G_1 15·3%, G_2 16·6%, 1 Ei 28 : 24 μ. ♂ *L* 0·99 *mm*, *a* 25, *b* 5·1, *c* 7, *Pz*[4] vermutlich 3. Gesamtzahl 3, davon ♀ 2 (1_0), ♂ 1, Sexualziffer 50 (*n* 3).[5]

Körperform: Schlank bis mäßig schlank, beiderseits nicht auffallend verjüngt. Breite am Vorderende (Kopfborstenbasis) $^1/_8$ beim ♀, $^1/_2$ beim ♂, am After mehr als $^1/_2$ beim ♀, $^4/_5$ beim ♂; als Einheit gilt die größte Körperbreite. Kutikula deutlich geringelt, dick. Ringel am Vorderende deutlich vorspringend, nach hinten zu sich abflachend. Kutikula-Auflösung am Vorderkörper Körner (Fig. 1, *ck*), bei anderer Einstellung winkelig begrenzte, beziehungsweise sechseckige Gebilde (ck_1), nach hinten zu allmählich als Stäbchen erscheinend (Fig. 1 *b*, *c*, *ck*). Diese Stäbchenquerreihen sind durch strukturlose Querreihen unterbrochen, diese sind etwa ebenso breit als die Entfernung der Stäbchen voneinander in den Querreihen beträgt. Am Schwanze treten die Stäbchen besonders deutlich hervor. Seitlich läßt sich keine Strukturänderung erkennen. Submediane Borsten vorhanden, wie gewöhnlich am Vorderkörper und namentlich am Schwanz deutlicher. Seitenfelder breiter als $^1/_3$ des Körperdurchmessers.

---

[1] Zahlreiche Proben von Rovigno, die zu einer Nematodenfauna der Adria verarbeitet werden, verdanke ich dem gegenwärtigen Leiter der zoologischen Station, Herrn Prof. Dr. Raff. Issel.

[2] Diese Gruppe bietet manche Anklänge an *Euchromadora* de Man nach der Fassung Steiner's 1918 dar; die unter *Euchromadora* SG. in meiner Erdnematoden-Abhandlung 1921, Archiv für Naturgeschichte, zusammengefaßten Arten gehören hierher.

[3] Eingeklammert das größere, nicht eiertragende ♀.

[4] *Pz* bedeutet Zahl der Präanalpapillen.

[5] *n* bedeutet die Anzahl der der Angabe zugrundeliegenden Tiere.

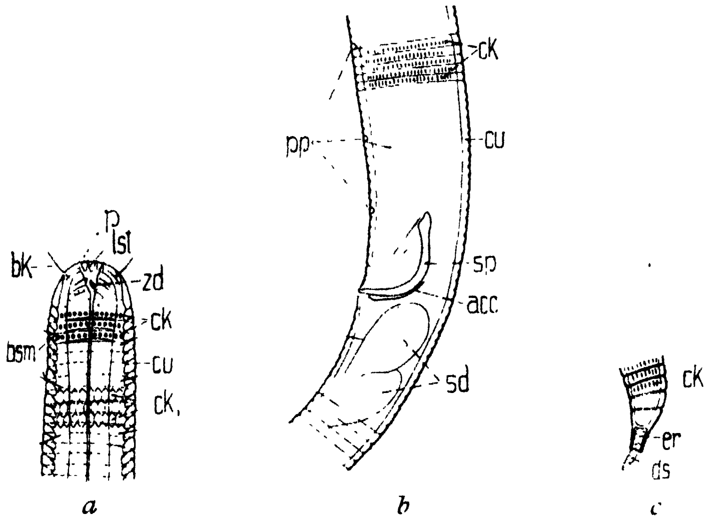


Fig. 1.

Chromadora mediterranea.

a Vorderende bei Seitenansicht von links, 850 : 1; *b* Kopulationsapparat des ♂. Seitenansicht, 850 : 1; *c* Schwanzende desselben ♂, Seitenansicht von links, 850 : 1.

Die nähere Figuren(Buchstaben)erklärung folgt am Schluß!

Vorderende (Fig. 1 *a*) nicht abgesetzt, ± abgestutzt bis leicht abgerundet. Borsten (4) zart, mitunter abgebrochen, $^1/_2$ der Körperbreite auf Borstenhöhe erreichend. Vorderste Partie der Kutikula dünn und strukturlos, vordere Kutikularkörper kleiner als die folgenden. Papillen und innere Lippenstreifen (*p*, *lst*) typisch. Mundhöhle gewöhnlich, Zähne tiefer sitzend, nie den Vorderrand erreichend. Das Ösophagealgewebe ist vorne leicht erweitert, ohne jedoch merklich muskelkräftiger zu sein als der folgende Teil. Hinter der Mundhöhle findet sich eine muskelarme Strecke im Gewebe, so daß ein Pharyngealbulbus angedeutet erscheint. Ozellen fehlen. Ösophagus mit verlängertem Endbulbus, mit 2 muskelarmen

Stellen. Körper — zum größten Bulbusdurchmesser wie 10 : 7. **Ventraldrüse** wohl ausgebildet, längsgestreckt, zweizellig, vordere Zelle gewöhnlich hyalin, hintere körnig. Die Ausdehnung der Ventraldrüse[1] unterliegt bei dieser Art so großen Schwankungen, daß ich anfangs bei meinen reichhaltigen Adriavertretern 2 Unterarten unterschieden habe, wovon ich später Abstand nahm. Den Porus konnte ich leider nicht auffinden. Darm 6 bis 8 Zellen im Umfang, dünnwandig, Glykogenkörner zerstreut, bis 15 μ an Durchmesser erreichend. Enddarm so lang als der anale Körperdurchmesser.

Geschlechtsorgane: ♀ ohne Besonderheiten. Zwischen Uterus und Ovidukt liegen beiderseits stark lichtbrechende, 1·8 bis 2 μ messende Spermien. Umschlag $^2/_3$. Ei mit mäßig rauher, punktiert erscheinender Oberfläche.

♂ Spikularapparat *Chromadora*-artig. Spikula (Fig. 1 *b, sp*) ziemlich schlank, akzessorisches Stück (*acc*) der Hauptsache nach dorsal eng anliegend. Die 3 Präanalpapillen[2] (*pp*) sind so zart und unscheinbar, daß, wenn die Aufmerksamkeit nicht auf sie gerichtet ist, sie übersehen werden. Mit Immersion sind sie fast immer deutlich nachweisbar. Die hinterste Papille liegt vor oder am Spikulabeginn, die vorderste meist $^1/_3$, selten $^1/_2$ der Schwanzlänge vom After entfernt. Schwanz mit dreizelliger Schwanzdrüse (Fig. 1 *b, sd*). Schwanzdrüsenendröhrchen (Fig. 1 *c, cr*) kurz, nur wenig länger als seine Basisbreite (beim ♀ das 1·2-, beim ♂ das 1·5 fache, *n* jederseits 3). Das Endröhrchen ist leicht schief abgestutzt.

Vorkommen, Fundort: In der ständig untergetauchten Küstenregion, mitunter auch in der auftauchenden, fehlt in Wasser mit brackischem Einschlag. Adria (Rovigno, Meleda, Omblabucht bei Ragusa, Bocche di Cattaro), Suez 1.

Verwandtschaft und Unterscheidung siehe *Chr. procera*.

3. Chromadora parapoecilosoma n. sp.

(Fig. 2.)

Maße: ♀ *L* 1·06 *mm* (0·88 bis 1·21)
a 28 (22 bis 31)
b 8·1 (6·7 bis 9·7)
c 8·3 (7·2 bis 9·7)
V 47 % (46 bis 50·5) } 14 (70)
G_1 14·4 % (8·5 bis 20)
G_2 14·8 % (12 bis 20) } 13 (70)
Eizahl 1·57 (1 bis 3) 7
Eigröße 43 : 32 μ (40 bis 50 : 26 bis 40) 7
Vee 57·5 % (44 bis 68) 8

♂ *L* 1·1 *mm* (0·88 bis 1·28)
a 36 (26 bis 45)
b 8·3 (5·4 bis 10)
c 8·5 (7·2 bis 10·4) } 18
Gb[3] 29 % (28 bis 31) 3
Pz 5, *n* 18
Pbg[4] 0·5 (0·37 bis 0·65) 13
Vee 59 % (38 bis 72) 6

Gesamtzahl 55, davon ♀ 34 (19_0), ♂ 20, Sexualziffer 59 (*n* 54).

---

[1] Bei den Tieren aus der Adria beträgt *Vee* 158 % (142 bis 179) *n* 22.

[2] In der Adria traf ich unter 12 ♂ zwei mit nur 2 Papillen.

[3] *Gb* bedeutet Genitalbeginn in Körperlängeprozenten vom Vorderende.

[4] *Pbg* bedeutet Papillenbeginn in Schwanzlängen vom After an.

Diese neue, auch in der Adria häufige und verbreitete Art steht *Chr. poecilosoma* de Man[1] so nahe, daß es genügt, die Unterschiede hervorzuheben. Unsere Art bleibt kleiner, erscheint weniger schlank und besitzt einen längeren Ösophagus. Die Kutikula trägt eine deutlich erhabene, eigentümlich gezeichnete, schmälere Seitenmembran (Fig. 2, *sm*), die Zahl der präanalen Papillen (5 gegen 7) des ♂, die der Eier (1 bis 2 gegen bis 7) des ♀ ist geringer. Außerdem gibt es wenigstens unter den adriatischen Tieren augentragende (v. *ocellata* n. v.).

Eine genauere Betrachtung verdient die Kutikula. Im wesentlichen wie bei der Vergleichsart gebaut, lassen sich die zwischen den Kutikularkörpern (*ck*) liegenden, submedian schmäler werdenden Querbänder interannulär nur am Vorderende punktförmig auflösen. In der Körpermitte sind sie homogen. Die Entfernung der auffallend groben, seitlichen Punkte (ck_1)[2], die die erhabene Seitenmembran einfassen, ist größer als bei *Ch. poecilosoma*. Sie beträgt $^1/_6$ auf Ösophagushöhe, $^1/_9$ in der Körpermitte, $^1/_8$ der entsprechenden Körperbreite auf Afterhöhe gegen etwa $^1/_{14}$ bei der Vergleichsart. Die erhabene Seitenmembran (*sm*), bei hoher Einstellung (Fig. 2 *a*) sichtbar, ist sehr schmal, viel schmäler als die tiefer gelegenen innersten seitlichen, groben Kutikulakörner (ck_1). Leider sagt de Man über die Breite dieser Seitenmembran, die bei der neuen Art sich vom Ösophagusende bis ins vorderste Schwanzdrittel erstreckt, nichts aus. Seine Abbildungen (Fig. 7 *c*, *e*), die allerdings die Analgegend betreffen, zeichnen die Seitenmembran viel breiter als bei unserer Art, stets breiter als die innersten seitlichen Kutikulakörner.

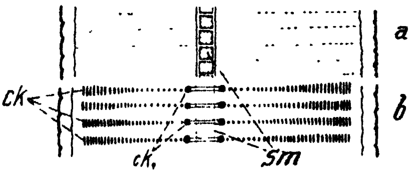


Fig. 2.

Chromadora parapoecilosoma n. sp. Teilstück aus der Körpermitte, Seitenansicht. *a* bei hoher, *b* bei tiefer Einstellung. 850 : 1.

Submedian sind die Körnchenreihen, beziehungsweise Stäbchen wie gewöhnlich unterbrochen, in Körpermitte beträgt der stäbchenlose Teil $^1/_5$ des Körperdurchmessers. Die Struktur der Kutikula ist hier lediglich eine feine Querringelung. Im übrigen erinnert die Kutikula dieser Art an *Euchromadora vulgaris*, so durch die Teilung der medianen Platten in submediane Platten in der Ösophagealgegend usw. Nicht uninteressant ist die späte Erwerbung der verwickelten Kutikularstruktur im Laufe des individuellen Lebens.

---

[1] Cinquième note sur les Nématodes libres de la mer du Nord et de la Manche, in Mém. Soc. Zool. de France, 1893.

[2] Diese Punkte beginnen wie bei *Chr. poec.* in der Nähe des Vorderendes und reichen bis ans Schwanzende, ein wichtiger Unterschied beider Arten gegenüber *Chr. filiformis* (Bast.). Diese Punkte (ck_1) treten nicht immer so hervor wie in Fig. 2.

So fand ich in der Adria unter 38 juv. vor der letzten Häutung nur sechsmal seitlich differenzierte Kutikularkörper und eine Seitenmembran (das einzige juv. aus Suez gehört hierher!); während der letzten Häutung des ♀ (Vulvaanlage) tragen unter 10 Fällen die Hälfte eine Differenzierung, bei 2 ♂ mit Spikulaanlage erscheinen beide mit seitlicher Ausprägung der Kutikula. Die kennzeichnende seitliche Kutikulardifferenzierung wird daher offenbar vielfach erst mit der letzten Häutung erworben, so daß hier wie anderwärts (*Chr. paradoxa* und andere Arten zeigen Ähnliches) bei Beurteilung von Jugendstadien Vorsicht am Platze ist.

Vorderende, Mundhöhle, Seitenorgane wie bei der Vergleichsart. Ösophagealbulbus mit 3 Unterbrechungen in der Muskulatur, die hinterste ist die größte. Ventraldrüse groß, langgestreckt, zweizellig, wie bei vorstehender Art; wenn sie gefüllt ist, findet eine Verlagerung nach rechts statt. Da meist eine deutliche Ampulle zu sehen ist, läßt sich der stets vor dem Nervenring gelegene Porus verhältnismäßig leicht auffinden. Eier fein, aber deutlich bestachelt, Vulvadrüsen sind vorhanden. Kopulationsapparat wie bei der Vergleichsart, so ließen sich auch die beiden äußeren Dornen des akzessorischen Stückes erkennen. Die Präanalpapillen sind von mittlerer Deutlichkeit, bei Betrachtung von der Seite wie gewöhnlich aus je 2 kommaartigen Stücken bestehend. Ihre Zahl betrug bei Suez stets 5, in der Adria fand ich unter 41 ♂ einmal nur 3 Papillen. Die hinterste Papille liegt auf der Höhe des inneren Spikulumendes. Schwanz wie bei der Stammart. Endröhrchen nur wenig länger als seine Basis (1·25 ×), bilateralsymmetrisch gebaut.

Vorkommen: Im Korallenriff (Nr. 1) die dritthäufigste, an den Kaisteinen (Nr. 2) die 20. Art. In der Adria recht häufig und sehr verbreitet, namentlich an der ständig untergetauchten, algenreichen Küste. Auch im auftauchenden Gürtel vorhanden, doch seltener. Gegen brackische Einflüsse weniger empfindlich als die voranstehende Art.

Fundort: Suez 1 52 Tiere, Suez 2 3 Tiere. Adria (Rovigno, Meleda, Ombla-Bucht, Bocche di Cattaro), Marmarameer.

Verwandtschaft und Unterscheidung. Nächststehende Arten: *Chr. poecilosoma* siehe oben. Von *Chr. filiformis* (Bast.) nach de Man's[1] Beschreibung durch die bei unserer Art bis ans Vorder- und Hinterende seitlich differenzierte Kutikula unterschieden (bei *Chr. f.* vorne am oder vor dem Ösophagealbulbus, hinten am letzten Schwanzdrittel aufhörend), außerdem sind bei unserer Art die groben seitlichen Punkte weiter entfernt ($^1/_6$ bis $^1/_9$ gegen $^1/_7$ bis $^1/_{10}$ des Körperdurchmessers) usw.

Von *Spilophora heymonsi* Steiner, 1921[2], von der nur das ♀ bekannt ist, unterscheidet sich unsere Art vielleicht durch den

---

[1] Quatrième note sur les Nématodes libres de la mer du Nord et de la Manche, in Mém. Soc. Zool. de France, Paris 1890.

[2] L. c.

Besitz der erhabenen Seitenmembran[1], leider kann Steiner hierüber keine Angaben machen, ferner durch die kürzeren Kopf- und Körperborsten (bei *Chr. parap.* $^1/_2$- bis $^3/_5$-, bei *S. h.* 1 $^1/_3$ facher entsprechender Körperdurchmesser), sodann durch das Fehlen der bei *S. h.* vorhandenen augenfälligen Zahnmuskulatur, die *S. h.* im Verein mit der Zahnbildung meines Erachtens zu *Hypodontolaimus* weist und endlich durch den langgestreckten, mehrere Unterbrechungen aufweisenden Ösophagealbulbus, während Steiners Art einen schwachen, birnförmigen Bulbus trägt.

4. **Chromadora procera** n. sp.

(Fig. 3 *a* bis *c*)

Maße ♀ *L* 0·78 *mm* (0·7 bis 0·84)
a 31·5 (26 bis 44)
b 6·2 (5·4 bis 6·8)
c 6·5 (6·0 bis 7·9)
V 47·5 $^0/_0$ (45 bis 53)
} 15 (3$_j$)
Eizahl 1, *n* 4
Eigröße 40.25 μ (37 bis 42. 22 bis 27) 3
G$_1$ 13 bis 14·2
G$_2$ 12 bis 14·8
} 2
Vc 72 $^0/_0$, *n* 1

♂ *L* 0·83 *mm* (0·58 bis 1·2)
a 40·5 (32 bis 63·5)
b 6·3 (4·9 bis 8·3)
c 8·1 (6 bis 10·4)
Ps 5·1 (5 bis 6)
} 19
Gb 30 $^0/_0$, *n* 1
Pl 0·75 (0·56 bis 0·9) 17
Vc 59 70 $^0/_0$, *n* 2

Gesamtzahl 41, davon ♀ 17 (4$_j$), ♂ 19, Sexualziffer 112 (*n* 36).

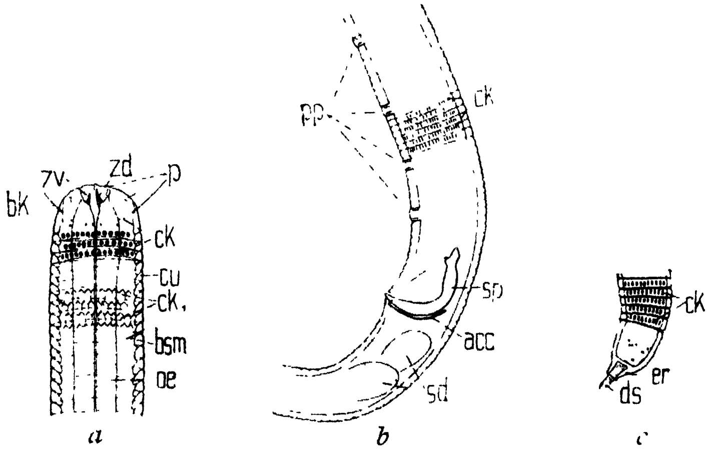


Fig. 3.

Chromadora procera n. sp.

a Vorderende eines ♀ bei Seitenansicht von links, 850 : 1. *b* bis *c* Kopulationsapparat und Schwanzende eines ♂ von links, 850 : 1.

Diese neue schlanke Art steht *Chr. mediterranea* so nahe, beziehungsweise sieht ihr so ähnlich, daß es genügt, die Unterschiede hervorzuheben. In der Körperform etwas schlanker

---

[1] Längswulst nach Steiner.

(Benennung!), stimmt der Bau der Kutikula beider Arten nahezu völlig überein. Die Kutikuladicke auf Ösophagusmitte, Körpermitte und Schwanzmitte beträgt 1·3, 1·7 und 1·9 μ, die entsprechenden Ringelbreiten 1·8, 2 und 1·8 μ (*n* 4, 2 ♂, 2 ♀). Die bei *Chr. m.* stets deutliche Ventraldrüse ist hier nicht oder kaum angedeutet. Die spitzeren Mundhöhlenzähne (Fig. 3 *a*, *zd*, *zv*) stehen weiter vorne und ragen an konservierten Tieren nicht selten dolchartig mit ihrer Spitze aus der Mundöffnung heraus, während sie bei der Vergleichsart tiefer sitzen und nicht so weit vorgestreckt werden können. Auch sind die Subventralzähne (*zv*) bei unserer Art größer.

Der Hauptunterschied, der es meist sofort ermöglicht, beide Arten sicher auseinanderzuhalten, ist der ♂-Kopulationsapparat. Hier sind die Präanalpapillen zahlreicher (5 gegen 3, selten 2 bei *Ch. m.*) und deutlicher (Fig. 3 *b*, *pp*) entwickelt. Außerdem sind die Spikula (*sp*) stärker gekrümmt, das akzessorische Stück (*acc*) ist relativ länger ($^3/_4$ gegen $^1/_2$ oder wenig über $^1/_2$ der Spikulalänge), der Schwanz ist plumper, namentlich das Ende (siehe Fig. 3 *c* und 1 *c*, endlich ist die Beborstung bei *Chr. procera* spärlicher wie bei der Vergleichsart.

Alle übrigen Merkmale zeigen gute Übereinstimmung, doch zeigen beide Arten nicht so viel Gemeinsames, um sie im Rahmen einer Art unterzubringen.

Vorkommen: Während *Chr. mediterranea* in der Adria ziemlich häufig bei mäßiger Verbreitung gefunden wird und *Chr. procera* nur einmal beobachtet wurde, verhält es sich bei Suez anscheinend umgekehrt. So habe ich *Chr. procera* allerdings nur an der Hafenmauer als dritthäufigste Art angetroffen.

Fundort: Suez 2 41 Tiere, Adria: Bocche di Cattaro 1 Tier.

5. Cyatholaimus (Acanthonchus) steueri n. sp.

(Fig. 4 *a bis c*.)

A typ ♀ *L*	1·07 *mm* (0·98 bis 1·2)	6 (3_0)	♂ *L*	0·94 *mm* (0·85 bis 1·1)	4
a	27 (24 bis 31)		*a*	28 (24 bis 31)	
b	5·8 (5·3 bis 6·2)		*b*	5·5 (5·2 bis 5·8)	
c	10·7 (10·3 bis 11·4)		*c*	11·4 (10 bis 12)	
V	47 % (41·3 bis 48·5)		*Gb*	37 %, *n* 1	
G_1	12 % (10 bis 14)	3	*Pz*	4·8[1] (4 bis 5)	5
G_2	11 % (9 bis 14)		*Pbg*	1·04 (0·96 bis 1·1)	4
Eizahl	1·3 (1 bis 2)		*Oc*	10·6 % (9 bis 11·8)	
Eigröße	46 : 30 μ (42 bis 52 : 27 bis 36)	4	*expo*	12·5 (1·18 bis 13·3)	
Oc[2]	10·5 % (9·4 bis 12)	3			
expo[3]	11·5 % (11 bis 12)				

---

[1] Ohne die beiden unscheinbaren, knapp vor dem After gelegenen Papillen!

[2] *Oc* bedeutet Ocellenentfernung vom Vorderende in Ösophaguslängeprozenten.

[3] *expo* bedeutet Exkretionsporusentfernung vom Vorderende in Ösophaguslängeprozenten.

B. v. caecus.

1 ♀ *L* 0·83 *mm*, *a* 22, *b* 5·3, *c* 9·5, *V* (Anlage) 49 %, während der letzten Häutung.

Gesamtzahl 27, davon ♀ 9 (3_0, in Häutung 2) ♂ 7, Sexualziffer 78 (*n* 16).

Cobb hat 1921[1] das neue Genus *Acanthonchus* mit der einzigen Art *A. viviparus* aufgestellt, das sich von *Cyatholaimus* nur durch den kräftig entwickelten dorsalen Mundhöhlenzahn unterscheidet, was mich veranlaßt, *Acanthonchus* als Subgenus zu *Cyatholaimus* einzureihen.

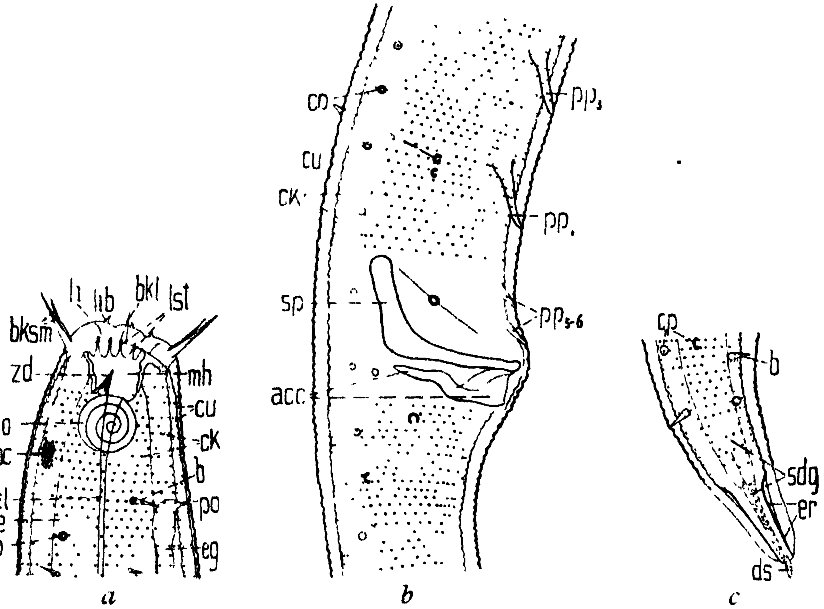


Fig. 4.

Cyatholaimus (Acanthonchus) steueri n. sp.

a Vorderende bei Seitenansicht von rechts, 850 : 1; *b* Kopulationsapparat eines ♂ bei Seitenansicht von rechts, 850 . 1. In der Spikulagegend ist die Kutikulakörnelung nicht eingetragen. *c* Schwanzende eines ♂ bei Seitenansicht von rechts, 1270 : 1.

Meine neue, zu Ehren des hochverdienten Adriaforschers A. Steuer, dem ich das vorliegende wertvolle Material verdanke, benannte Art unterscheidet sich von *C. (A.) viviparus* Cobb:

1. Die Papillen der Lippen sind bei unserer Art (Fig. 4 *a, lib*) borstenartig und ragen stärker hervor als bei der amerikanischen.

2. Unsere Art ist, soweit meine Beobachtungen reichen, ovipar, denn ich sah wohl Eier mit glatter Schale, deren Stellung in

---

[1] L. c.

Vulvanähe auf unmittelbar bevorstehende Ablage deutete, nie aber gefurchte oder gar Embryonen enthaltende Eier, wie dies Cobb für seine Art vermerkt.

3. Beim ♂ finden sich außer den 4 bis 5 größeren präanalen chitinisierten Drüsengängen (Fig. 4 *b*, *pp* 3 bis 4), die einander in größeren, etwa gleichen Abständen folgen, knapp präanal 2 kleine, leicht übersehbare, einander genäherte, schwächer chitinisierte Drüsengänge (Papillen, siehe Fig. 4 *b*, *pp* 5 bis 6), während Cobb nur 4 »exiquidistant supplements« angibt.

4. Die größeren präanalen Drüsenröhrchen (*pp* 1 bis 4) erreichen etwa $^1/_3$ des entsprechenden Körperdurchmessers an Länge. Bei *C. (A.) viviparus* nehmen diese Gebilde nach vorne an Größe zu, so zwar, daß das vorderste den Körperdurchmesser an Länge erreicht. Was die Kopfborsten betrifft (Fig. 4 *a*, *bsm*, *bl*), so konnte ich von einer Gliederung, wie dies Cobb angibt (»setae two -or three-jointed«) und zeichnet, nichts bemerken. Ich vermute, daß die Borsten ein derartiges Aussehen, das wohl auf verschieden stark chitinisierte Teile zurückzuführen sein dürfte, erst in Kanadabalsam erhalten. Von den 4 bis 6 Längsstreifen auf der Kutikula, den »wings« von Cobb, habe ich bei meiner Art nichts gesehen. Die Kutikula ist seitlich (Fig. 4 *a* bis *c*) gröber punktiert als median und submedian, zeigt aber median nicht mehr Querringel als seitlich. (Gegensatz zu manchen Cyatholaimen.) Die Ventraldrüse liegt auch hier am Mitteldarmbeginn, bei einem eiertragenden ♀ sah ich sie deutlich zweizellig, nach rechts verschoben.

Von unserer neuen Art lassen sich ein Typus mit 2 deutlichen, aus grobkörnigem Pigment bestehenden braunen bis bräunlichroten (Alkoholkonservierung durch 14 Jahre, hierauf Überführung in Glyzerin), linsenlosen Ozellen (Fig. 4 *a*, *oc*) und eine *v. caecus* n. v., die dieses Pigment zwar stark rückgebildet, doch mit Immersion betrachtet, meist noch erkennbar aufweist. Typus und Varietät zeigen in allen übrigen Merkmalen völlige Übereinstimmung.

Von sonstigen Merkmalen sei erwähnt, daß der Darm mitunter ziemlich dunkel erscheint, was durch grau bis schwärzliche Glykogenkörner bewirkt wird, eine wohl auf die Nahrung zurückzuführende, auch anderwärts von mir (so z. B. bei *Anticoma acuminata*) beobachtete Erscheinung.

Vorkommen, Fundort: Suez, Korallenriff 19 Tiere (an 7. Stelle), Hafenmauer 8 Tiere (13. Stelle). In der Adria bei Rovigno, ferner bei Neapel.[1]

Verwandtschaft und Unterscheidung: Von der einzigen, im kalifornischen Küstenschlamm aufgefundenen Art des Subgenus durch obige 4 Merkmale unterschieden.

---

[1] Eine reichhaltige Sammlung freilebender Nematoden, deren Bearbeitung, sobald es die Umstände ermöglichen, erfolgen wird, verdanke ich durch Vermittlung meines verehrten Freundes, Herrn Dr. G. Steiners, Herrn Prof. Dr. E. Bresslau.

6. **Desmodora ditlevseni** n. sp.

Fig. 5.

Ein einziges ♀ mit folgenden Maßen: L 1·57 *mm*, a 41, b 10·5, c 16·4, V 51%, G_1 11·6%, G_2 14·3%. Alle Maße liegen innerhalb der von mir auf Grund meiner adriatischen Tiere gewonnenen Variationsbreite (12 ♀).

Diese Art erhielt ihren Namen zu Ehren des um die Kenntnis mariner Nematoden sehr verdienten Dänen Hj. Ditlevsen.

Körperform: Schlank, beiderseits mäßig verjüngt. Kutikula sehr fein geringelt, Ringelabstand 0·5 bis 0·6 μ in Körpermitte, viel gröber am Vorderkörper (1·1 μ), etwas feiner am Schwanze (0·85 μ). Wie bei verwandten Arten, sind die Ringe nicht immer ganz geschlossen, sondern teilen sich mitunter (siehe Fig. 5, unterstes Drittel). Vorderende und Schwanzspitze (etwas weniger als $^1/_6$) wie gewöhnlich ungeringelt. Kutikula dick (3·3 μ), innerste Schichte am dicksten. Körperborsten (Fig. 5, *b*) sehr klein, unscheinbar, in 8 Längsreihen. Seitenfelder (*sf*) infolge der zarten Querringelung deutlich, von $^1/_3$ der Körperbreite, 2- bis 3zellig. Vorderende (Fig. 5) mit 10 Kopfborsten (*bkl*, *bksm*), die seitlichen kleiner. Kutikula am Kopfe wie gewöhnlich stark verdickt (*cuk*), bis 3·5 μ (dahinter nur 2·8 μ), Oberfläche leicht genarbt, punktiert. Die Körperborsten greifen auf den hinteren Kopfabschnitt über. Seitenorgane auffallend groß (durchschnittlich $^1/_4$ des entsprechenden Kopfdurchmessers), deutlich doppelt begrenzt. Kennzeichnend für diese Art ist der Farbstoffreichtum. Das Pigment (*pil, pism*) liegt subkutikulär, ist körnig, ± gehäuft zu unregelmäßig begrenzten Gebilden, von stark gelblicher Farbe (Alkoholkonservierung) und läßt sich bis in den Schwanz hinein verfolgen. Mundhöhle geräumig, deutlich chitinisiert, völlig zahnlos. Das Vestibulum ist wie gewöhnlich längsgerippt (*lst*). Ösophagus ohne Besonderheiten. Endbulbus zwiebelförmig, Innenauskleidung kräftig chitinisiert. Mit 2 gut ausgebildeten Unterbrechungen der Muskulatur, die vordere am Beginn des ersten, die hintere am Anfang des letzten Drittels. Bulbuslänge etwa $^1/_4$ des Gesamtösophagus oder weniger einnehmend. Mitteldarmbeginn mit deutlichen Ösophagealenddrüsen, Darm ohne Besonderheiten. Geschlechtsorgane des ♀ mit sehr deutlich chitinisierter Vulva, Gonadenumschlag $^1/_2$ bis $^2/_3$. Der Vollständigkeit halber sei vom ♂ erwähnt, daß weder prä- noch postanale Papillen oder Kopulationshöcker noch besondere Borsten vorkommen. Spikulum und akzessorisches Stück zeigen nichts Außergewöhnliches.

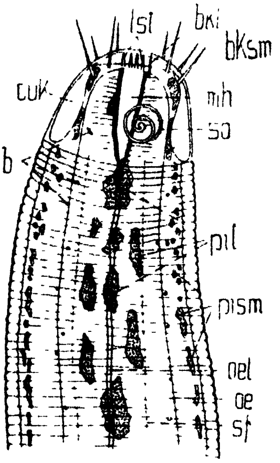


Fig. 5.

Desmodora ditlevseni n. sp.

Vorderende eines ♀. Seitenansicht von rechts, 850 : 1.

Schwanz bei beiden Geschlechtern gleichmäßig konisch verjüngt. Endröhrchen etwas länger als die Basisbreite (1·3 mal als Durchschnittswert von 6 Messungen) mit abgestutztem Ende.

Vorkommen, Fundort: Suez, Hafenmauer 1 Tier. Adria (Rovigno, Meleda, Cattaro, nicht häufig, mäßig verbreitet), in Gesellschaft von *Desmodora micans.*

Verwandtschaft, Unterscheidung: Von der gleichfalls bei Suez aufgefundenen, leider nur nach einem einzigen jugendlichen Tier bekannten *D. merostomacha* Steiner 1921[1] durch folgende Merkmale unterschieden. 1. Kopfborsten 10, bei *D. m.* nur 4. 2. Mundhöhle geräumig, deutlich chitinisiert, bei *D. m.* verengt. 3. Seitenorgane auf oder hinter der Kopfmitte, bei *D. m.* dem Vorderrande sehr genähert. 4. Ösophagealbulbus zwiebelförmig, $^1/_4$ oder weniger der Gesamtösophaguslänge einnehmend, bei *D. m.* sehr verlängert, nahezu die Hälfte einnehmend. 5. Subkutikulares Pigment stark entwickelt, bei *D. m.* nicht bekannt. Alle diese Unterschiede lassen sich auch an jungen, nur 0·86 *mm* langen Tieren von *D. ditlevseni* deutlich erkennen.

7. Linhomoeus sp.$_1$.

(Fig. 6 *a* bis *c*.)

Vom Genus *Linhomoeus* Bast. habe ich in Suez 4 Arten gefunden, die bis auf *L. obtusicaudatus* nicht bestimmt werden konnten und vermutlich neue Arten vorstellen. Leider handelt es sich in vorliegendem Falle nur um ein jugendliches Tier, während *L.* sp.$_2$ nur durch ein Bruchstück vertreten ist.

Maße: *L* 1·04 *mm*, *a* 34·5, *b* 8·5, *c* 7·3, *nr* 53·5%. Gesamtzahl 1 juv.

Körperform: Beiderseits mäßig verjüngt. Die Körperdurchmesser auf Kopfborsten—Nervenring—Mitteldarmbeginn—Körpermitte und Afterhöhe verhalten sich wie 45 : 81 : 100 : 76 : 65. Die größte Breite am Ösophagusende ist häufig bei Jugendformen. Kutikula glatt, innere Schichte sehr fein quergeringelt, kaum wahrnehmbar. Körperborsten zerstreut, namentlich am Vorderkörper und Schwanz. Vorderende (Fig. 6 *a*) nicht abgesetzt, Vorderrand abgestutzt, mit 4 Submedianborsten (*bk*), vermutlich 3 Lippen mit je 1 winzigen Papille (*p*). Seitenorgane (*so*) sehr deutlich, kreisrund, mit zentraler Erhebung (in der Abbildung infolge Drehung scheinbar exzentrisch). Seitenorganvorderrand vom Vorderende einen Seitenorgandurchmesser entfernt. Mundhöhle (*mh*) fast fehlend, vermutlich mit winzigen Zähnchen. Ösophagus schmal, weniger als $^1/_3$ des Durchmessers. Endbulbus groß, muskulös, nahezu kugelig (Fig. 6 *b*, *oeb*) und den Körper bis auf die Kutikula erfüllend. Innenauskleidung chitinisiert, etwas erweitert (*be*). Der Ösophagus entsendet in den Mitteldarm einen langen Pfropfen (*oep*). Nervenring wenig ausgeprägt. Ventraldrüse am Mitteldarmbeginn,

---

[1] L. c.

Porus vermutlich hinter den Seitenorganen. Mitteldarm mit durchsichtigen Körnchen, hell, körnig, hinterer Darmabschnitt von gröberem Gefüge rotbraun, Körnchen hier bis $1 \cdot 6\ \mu$. Enddarm (Fig. 6 *c*, *ed*) länger als der anale Körperdurchmesser (18 : 13), hintere Anallippe leicht vorgewölbt. Geschlechtsorgane? Es ist nicht ausgeschlossen, daß es sich um ein ♀ handelt, leider läßt eine leichte Verletzung des Mittelkörpers keinen Entscheid zu.

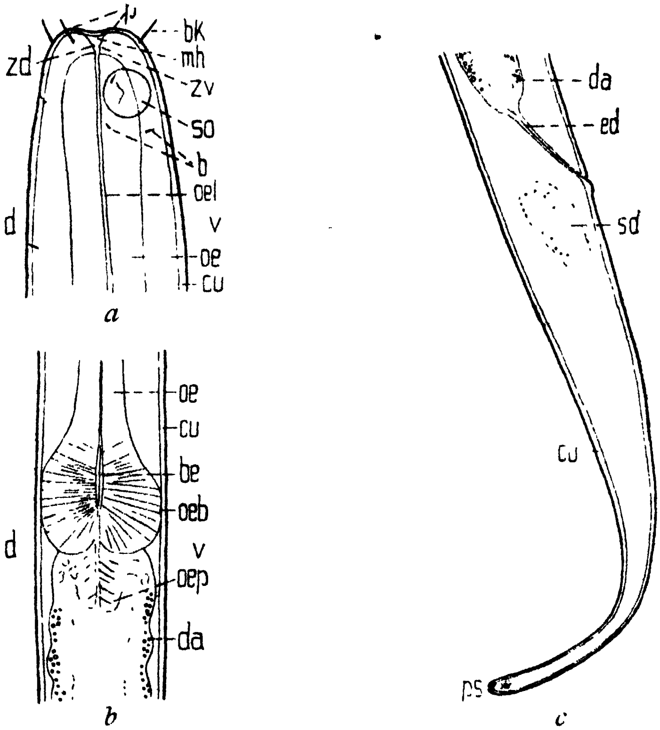


Fig. 6.

Linhomoeus sp$_1$.

Seitenansicht von rechts. *a* Vorderende, 850 : 1. *b* Ösophagealbulbus und Beginn des Mitteldarms, 475 : 1. *c* Schwanz, 475 : 1.

Schwanz (Fig. 6 *c*) an der engsten Stelle weniger als $^1/_4$ der Basis im Durchmesser. Ob Endbörstchen vorhanden sind, vermag ich nicht sicher zu behaupten.

Vorkommen: Suez, Hafenmauer 1 Tier.

8. Linhomoeus sp$_2$.

(Fig. 7.)

Nur ein Bruchstück von $1 \cdot 35$ *mm* Länge aus dem Korallenriff bei Suez. Der Ösophagus beträgt $113\ \mu$ an Länge, sein welliger Verlauf (Fig. 7) deutet auf Kontraktion. Die Kutikula ist glatt. Das

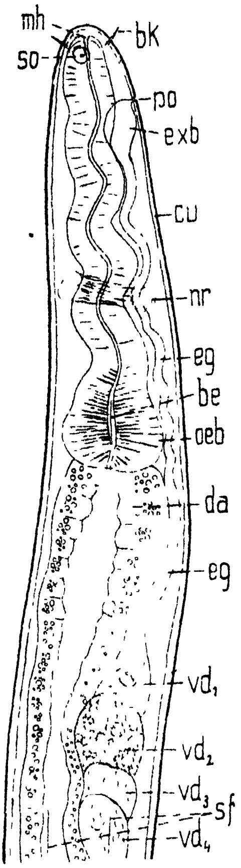


Fig. 7.

Linhomoeus sp_2.

Vorderkörper bei Seitenansicht von rechts, 475 : 1.

Vorderende ist kegelförmig, nicht oder kaum abgesetzt und trägt 4 Kopfborsten (*bk*). Der Seitenorgandurchmesser beträgt 4·2 µ, die Seitenorgane zeigen einen Mittelfleck und eine angedeutete spiralige Auflösung.

Der Nervenring (*nr*) umgreift den Ösophagus hinter der Mitte (59 %). Die Ventraldrüse (*vd*, 1 bis 4) besteht aus wenigstens 5 hintereinander gelegenen Zellen (in der Abbildung ist die hinterste nicht gezeichnet); ihr Ende liegt etwa 2 Ösophageallängen vom Vorderrand entfernt.

Der Ausführgang (*eg*) ist deutlich verfolgbar und endet nach Erweiterung zu einer Blase (*exb*) mit dem Porus (*p*) 21 µ hinter dem Vorderrand.

Der etwa $^1/_3$ des Körperdurchmessers einnehmende Ösophagus endigt mit einem deutlichen Bulbus mit leicht erweiterter Höhlung (*bc*). Der Körperdurchmesser am Bulbusende beträgt 34 µ. Der Mitteldarm ist von groben, braunen Körnern (Durchmesser bis 2 µ) erfüllt, die Zellen sind meist gut begrenzt. Der größte Körperdurchmesser beträgt 36·5 µ und wird unweit des Mitteldarmbeginnes erreicht. Der Körper bleibt bis zum Abbruch zylindrisch. Von Geschlechtsorganen habe ich nichts wahrnehmen können. Hoffentlich gelingt es, nach dem Vorderende das Tier wiederzuerkennen.

9. Linhomoeus sp_3.

(Fig. 8 *a* und *b*.)

Maße: ♀ *L* 0·73, 0·69 *mm*; *a* 26, *b* 6·6, 5·9, *c* 6·6, 7·2, *V* 58, 60 %, G_1 17·5, 24 %, 1 Ei beim kleineren ♀ 75 : 18 µ, *Vce* 152 % beim größeren ♀, *expo* 15·2, 20·5 %. Gesamtzahl 2 ♀ (1_0).

Körperform beiderseits mäßig verjüngt. Die Körperdurchmesser auf Seitenorganmitte : Ösophagusende : Vulva : After wie

41 : 69 : 100 : 60.

Kutikula glatt, dünn und borstenarm. Körperborsten auf Vorderkörper und Schwanz beschränkt. Vorderende (Fig. 8 *a*) ohne

Besonderheiten, vermutlich mit 4 bis 6 kurzen Borsten (*bk*). Leider ist das Vorderende beider Tiere nicht gut genug erhalten, um sichere Angaben machen zu können. Mundhöhle flach, ohne Zähnchen (?). Seitenorgan (*so*) bei ♀ 1 von 3·3 μ Durchmesser, das ist $^{1}/_{3\cdot5}$ des entsprechenden Körperdurchmessers, die Entfernung des Seitenorgans (Vorderrand) vom Vorderende beträgt etwa einen Körperdurchmesser auf Seitenorganmitte. Bei ♀ 2 lag das Seitenorgan mehr dem Vorderende genähert. Ösophagus vorne leicht erweitert (Fig. 8 *a*), hierauf mehr als $^{1}/_{2}$ des Halsdurchmessers. Bulbus länglich, muskulös, an der breitesten Stelle $^{2}/_{3}$ des entsprechenden Durchmessers erreichend, mit in den Mitteldarm hineinragendem Zapfen. Ventraldrüse deutlich, längsgestreckt, wie es scheint nur einzellig. Porus etwa (Fig. 8 *a*, *po*) 2 Vorderendebreiten oder wenig mehr vom Vorderrand entfernt. Exkretionsgang (*eg*) verhältnismäßig breit und deutlich. Nervenring (♀ 1) 58 $^{0}/_{0}$. Mitteldarm leicht gekörnelt, gut begrenzt, dünnwandig. Wandstärke am Beginn $^{1}/_{4}$, in der Mitte etwas mehr als $^{1}/_{2}$ des Darmdurchmessers. Lumen stets weiter als die Darmwand. Enddarm (Fig. 8 *b*, *ed*) sehr kurz, nur $^{1}/_{2}$ des analen Körperdurchmessers, mit deutlichen Analdrüsen (*ded*). ♀ Geschlechtsorgane unpaar, prävulvar, ohne Umschlag, Ei auffallend längsgestreckt. Vulva leicht vorgewulstet, ohne Besonderheiten, mit Vulvadrüsen. Schwanz (Fig. 8 *b*) ziemlich plump, leider bei beiden Tieren nicht in einer Ebene gelegen, daher etwas länger als in der Abbildung und in den Maßen, Ende weniger plump, Schwanzdrüsen (*sd*) sehr deutlich, ihre Ausführgänge (*sdg*) scheinen sich erst unmittelbar vor dem Endröhrchen (*er*) in eine Blase (*eb*) zu vereinigen.

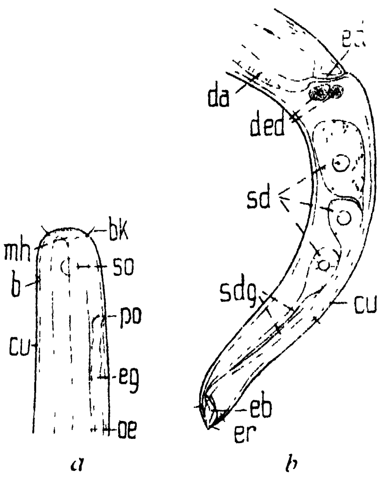


Fig. 8.

Linhomoeus sp$_3$.

Weibchen in Seitenansicht von rechts, 475 : 1. *a* Vorderende, *b* Schwanz.

Vorkommen: Suez, Korallenriff 2 ♀.

Unterscheidung: Unsere vermutlich neue Art unterscheidet sich von den übrigen Vertretern des Genus in Suez durch Körperkleinheit und Borstenarmut, von *L.* sp$_1$ überdies durch die kleinen Seitenorgane, den verlängerten Ösophagealbulbus und anders geformten Schwanz, von *L.* sp$_2$ durch die einfache Ventraldrüse. Die meiste Übereinstimmung herrscht mit *L. obtusicaudatus*. Abgesehen von den Maßen, die übrigens, wenn man die Größenunterschiede berücksichtigt, einander ungefähr entsprechen, unterscheidet sich unsere Art durch die einzellige Ventraldrüse (bei *L. obtus.* drei- bis fünfzellig). Weitere Unterschiede werden sich vermutlich beim Auffinden gut erhaltener Tiere, namentlich männlicher, ergeben.

10. Monohystera (Theristus) paranormandica n. sp.

(Fig. 9 *a* bis *c*.)

	♀		♂	
Maße:	*L* 1·1 *mm* (1·0 bis 1·2)	3	*L* 1·2 *mm* (0·95 bis 1·5)	6
	a 29·5 (23 bis 28)		*a* 32 (26 bis 38)	
	b 5·5 (4·9 bis 6·2)		*b* 4·8 (4·5 bis 5·3)	
	c 8·2 (7·4 bis 9·6)		*c* 8·1 (7·5 bis 8·8)	
	V 65% (63·5 bis 66)			

Gesamtzahl 25, davon ♀ 3, ♂ 6, Sexualziffer 200 (*n* 9).

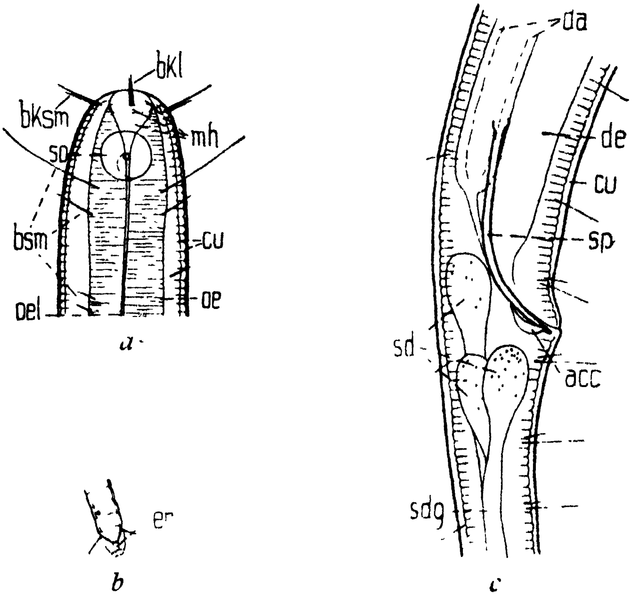


Fig. 9.

Monohystera paranormandica n. sp.

Seitenansicht rechts. *a* und *b* juv. Vorder- und Schwanzende, 850 : 1; *c* Kopulationsapparat eines ♂, 475 : 1.

Diese neue Art erinnert derart an *M. normandica* de Man, 1890[1] und an *M. polaris* Cobb, 1914[2], daß ich mich darauf beschränken kann, die Unterschiede gegenüber diesen beiden — alle drei gehören zur *M. (T.) dubia*-Gruppe mit geringelter Kutikula und Schwanzendborsten — hervorzuheben.

---

[1] L. c.

[2] Cobb, N. A. Antarctic marine free-living Nematodes of the Shackleton Expedition. Contributions to a science of Nematology I. Baltimore 1914.

Unterschiede gegenüber *M. (T.) normandica*. 1. Die Seitenorgane (Fig. 9 *a, so*) sind viel größer (mehr als $^1/_3$ des entsprechenden Durchmessers am Vorderende gegen weniger als $^1/_4$ bei *M. n.*), liegen relativ weiter vorne ($^1/_2$ der Vorderrandbreite auf Kopfborstenhöhe gegen $^4/_5$) und sind eingesunken, ähnlich wie bei *M. polaris*, weshalb sie namentlich bei Erwachsenen schwer zu erkennen sind. 2. Die Spikula (Fig. 9 *c, sp*) sind in der Bogensehne gemessen viel länger (1·3 bis 1·8 mal) als der anale Körperdurchmesser (bei *M. n.* nur gleich lang), außerdem sind sie schlanker. 3. Das akzessorische Stück (*acc*) ist kleiner; es entbehrt wie bei der Vergleichsart — im Gegensatz zu *M. polaris* — den nach hinten gerichteten Fortsatz. 4. Die vordersten, hinter den Seitenorganen stehenden Körperborsten (Fig. 9 *a*) sind von auffallender Länge.

Unterschiede gegenüber *M. (T.) polaris*. 1. Das akzessorische Stück trägt keinen hinteren Fortsatz; bei *M. pol.* ist hingegen ein $^1/_6$ des analen Körperdurchmessers einnehmender hinterer Fortsatz vorhanden. 2. Es findet sich nur ein Hode (*M. pol.* mit 2 Hoden). 3. Die Endborsten (meist 4) des Schwanzes (Fig. 9 *b*) sind viel kürzer, etwa vom Schwanzendedurchmesser gegen *M. pol.*, wo sie etwa viermal so lang sind.

Als gemeinsame Merkmale unserer Art mit *M. normandica* wäre das akzessorische Stück, der unpaare Hode und die Borsten des Schwanzendes, mit *M. polaris* die eingesunkenen Seitenorgane und die Körpermaße hervorzuheben.

Vorkommen, Fundort: Suez, Hafenmauer 23 Tiere (an 7. Stelle), Korallenriff 2 Tiere; Adria, Rovigno, Ombla-Bucht, Bocche di Cattaro, Neapel, Ischia, Marmarameer. Mit Ausnahme der Hafenmauer von Suez vereinzelt.

11. **Oncholaimus** sp.

(Fig. 10 *a* und *b*.)

Maße: juv. *L* 1·87 *mm* (1·83 bis 1·94), *a* 33 (28 bis 39), *b* 3·7 (3·6 bis 3·8), *c* 91 (78 bis 108), *mh*[1] 9·9 % (9·2 bis 10·3), *expo* 31 % (27 bis 35), *n* mit Ausnahme von *expo* (*n* 2) überall 3. Gesamtzahl 3 juv., ♂ und ♀ unbekannt.

Körperform: Die Körperdurchmesser auf Kopfborsten : Mundhöhlenende : Nervenring : Ösophagusende : Körpermitte : Afterhöhe verhalten sich wie 48 : 68 : 94 : 100 : 93 : 67 im Durchschnitt. Die Körperform ist daher mäßig verjüngt bei auffallend plumpem Hinterende. Kutikula etwas klebrig, mit einigen Fremdkörpern, im übrigen glatt, borstenlos. Seitenfeldbreite von halbem Körperdurchmesser. Seitenfelder mit eigentümlichen Körnerzellen. Vorderende (Fig. 10 *a*) mit zwei Kreisen hintereinander stehender Kopfborsten; der vordere (*bksm, bkl*) aus 6 größeren (6·8 μ), der hintere (bk_1)

---

[1] Mundhöhlenlänge in Prozenten der Gesamtösophaguslänge vom Vorderende.

aus vier kürzeren (5 μ) Borsten bestehend. Die **Mundhöhle** ist geräumig und von kräftig chitinisierten Wänden umgeben. Der dorsale Zahn (*zd*) steht auffallend weit hinten, die nahezu gleich großen Subventralzähne (*zvr* und *zvl*) — der rechte ist etwas größer — stehen etwas vor der Mundhöhlenmitte. Ösophagus: Das Ösophagealgewebe umfaßt wie gewöhnlich den Mundhöhlengrund und setzt sich dorsal höher an als ventral. Der deutliche Nervenring liegt vor der Ösophagusmitte (42 %, 41 bis 44, *n* 3). Die am Mitteldarmbeginn (Drüsenende 114 % der Gesamtösophaguslänge vom Vorderende, *n* 1) gelegene Ventraldrüse zeigt wie gewöhnlich nahe ihrer Mündung eine Endblase, von der ein kurzer Ausführgang, 2·9 bis 3·8 Mundhöhlenlängen vom Vorderende entfernt, nach außen führt. Mitteldarm mit Ösophagealpfropfen. Darmzellen 6 bis 8 im Umfang, sehr deutlich begrenzt. Als Fraßkörper beobachtete ich einmal einen sehr stark angedauten Nematoden. Der Enddarm ist etwas kürzer als der anale Körperdurchmesser. Schwanz (Fig. 10 *b*) sehr kurz, mit deutlichen Endblasen (*ebl*) und Schwanzdrüsengängen (*sdg*).

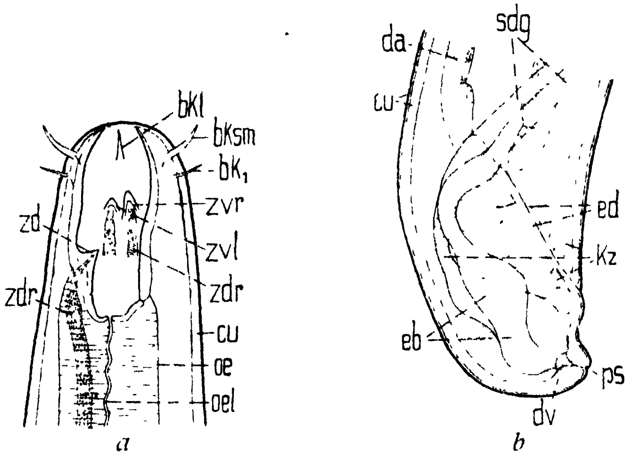


Fig. 10.

Oncholaimus sp., juv. Seitenansicht rechts, 475 : 1. *a* Vorderende, *b* Schwanz.

Hauptkennzeichen: Zahnstellung, Vorderendborsten, Schwanz und Exkretionsporus werden diese Art trotz des Fehlens geschlechtsreifer Tiere wohl wiedererkennen lassen.

Vorkommen: Suez, Korallenriff.

12. Syringolaimus brevicaudatus n. sp.

Von dieser neuen Art fand ich an der Hafenmauer von Suez 1 eierloses ♀ von folgenden Maßen: *L* 0·61 *mm*, *a* 36, *b* 4·5, *c* 8·2, *V* 58·5 %.

Die Übereinstimmung dieser, wie es scheint, seltenen und wenig verbreiteten Art mit *S. striaticaudatus* de Man, den ich in der Adria als zweithäufigsten Nematoden verzeichnet habe, ist so groß, daß es genügt, die Unterschiede hervorzuheben. 1. Unsere Art ist bedeutend kurzschwänziger. So fand ich für *c* bei meinen adriatischen weiblichen Tieren 8·2 (7·4 bis 9·6), *n* 6, bei *S. str.* dagegen in der Adria beim ♀ 4·8 (4·0 bis 5·9), beim ♂ 4·9 (4·2 bis 5·6) bei einer Messung von je 50 Würmern. 2. Die Vulva ist hier deutlich hinterständig (*V* beim adriatischen *S. b.* 57·2 $^0/_0$, 54 bis 61, *n* 5), dort durchschnittlich mittelständig (*S. str.* der Adria *V* 51 $^0/_0$, 46 bis 57, *n* 50). Da es aber bei diesem Merkmal Überschneidungen gibt, ist es allein diagnostisch nicht verwertbar. 3. Der Schwanz ist nie quergestreift, ein Merkmal, das sich jedoch auch bei *S. striaticaudatus* v. *aberrans* n. v. findet. 4. Der Exkretionsporus liegt weiter vorne, am Beginn des 2. Ösophagusviertels (*expo* in der Adria 28 $^0/_0$, 23 bis 35, *n* 4), bei *S. str.* in der Ösophagusmitte. 5. Das Endröhrchen des Schwanzes ist kürzer (Durchschnittswert aus je 3 Messungen an Adriatieren bei *S. b.* 3 Basislängen, bei *S. str.* 4 Basislängen).

Die Jugendstadien dieser stets mit *S. striaticaudatus* vergesellschafteten Art dürften sich von der Vergleichsart nur durch die Lage des Exkretionsporus im Verein mit der Schwanzlänge auseinander halten lassen.

13. **Thoracostoma steineri** n. sp.

(Fig. 11 *a* und *b*.)

Nur ein eierloses ♀ vom Korallenriff bei Suez mit folgenden Maßen *L* 5·15 *mm*, *a* 46·5, *b* 4·9, *c* 52, *V* 63·5 $^0/_0$, G_1 11·8 $^0/_0$, G_2 12·4 $^0/_0$, *nr* 33 $^0/_0$.

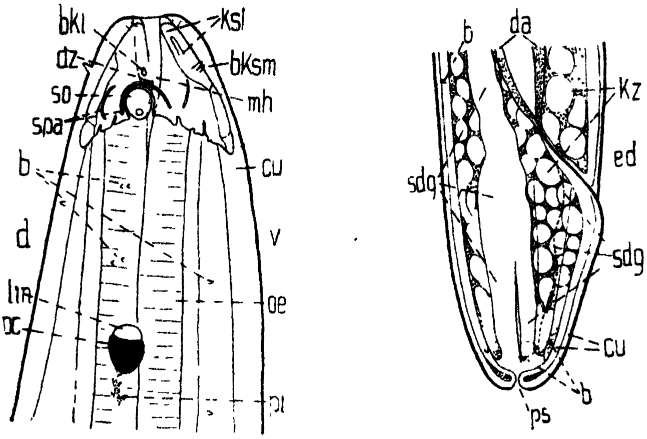
Die Kutikula ist glatt, ihre Dicke beträgt 8, am Schwanze 9 μ. Kurze, stumpf dornförmige Borsten finden sich namentlich am Vorderkörper (Fig. 11 *a*, *b*) und am Schwanze (Fig. 11 *b*, *b*) sowohl lateral als auch submedian. Die Seitenfelder sind schmal ($^1/_6$ des Durchmessers), bestehen aus je 2 Zellreihen. Das Vorderende (Fig. 11 *a*) ist typisch entwickelt. Der Kopfpanzer reicht ventral weiter nach hinten als dorsal und erscheint daher bei Seitenansicht leicht unsymmetrisch (Fig. 11 *a*). Der Panzer ist durchbrochen[1] (*spa*), zeigt aber an seinem Hinterrand keine kleinen isolierten Plättchen. Die deutlichen Kopfborsten (*bkl*, *bksm*) erreichen 3·4 μ Länge und übertreffen die Körperborsten an Länge. Mundhöhlenzahn (*dz*) und ventrales keulenförmiges Stück (*kst*) typisch. Ösophagus und Ocellus (*oc*) ohne Besonderheiten. Mitteldarm schmal, weniger als $^1/_2$ ($^1/_{2\cdot4}$) des Körperdurchmessers am Vorderende, $^2/_3$ in der Mitte. ♀ Geschlechtsorgane paarig symmetrisch mit bis in Vulvanähe reichendem Umschlag, mit Vulvadrüsen. Schwanz (Fig. 11 *b*) typisch, vor dem Ende jederseits mit 3 deutlichen Borstenpapillen (*b*). Von der

---

[1] Die Durchbrechungen des Panzers sind nicht immer spaltförmig. So wies ein ♂ von Neapel rundliche Löcher auf.

Organisation des in Neapel aufgefundenen ♂ sei hier nur der Ergänzung wegen auf das mit nach hinten gerichtetem Fortsatz versehene akzessorische Stück des Spikulums und auf das etwa 1 Schwanzlänge präanal gelegene Hilfsorgan (»ventouse«) verwiesen. Submediane Borsten und Kopulations- (Bursal) Muskulatur sind wie gewöhnlich vorhanden.

Verwandtschaft und Unterscheidung: Von den genau bekannten *Thoracostoma*-Arten ist unsere Art *Th. setosum* (Linst.) nach de Man's 1904[1] erfolgter gründlicher Neubeschreibung am ähnlichsten, unterscheidet sich aber durch folgende Merkmale. 1. Die Spalten des Kopfpanzers (*spa*) sind in der Regel (siehe oben) bei unserer Art ± längsverlaufend, leicht geschwungen, bei *Th. s.* dagegen massig. 2. Das Hinterende der Medianloben ist bei unserer Art mehr abgestutzt und erscheint anders gekerbt. 3. Die submedianen Löcher in der Panzermitte sind nicht rund wie bei *Th. s.*, sondern länglich, vorne leicht zugespitzt. Im Bau des ♂-Kopulationsapparates herrscht große Übereinstimmung, nur ist die Beborstung viel schwächer.



a *b*

Fig. 11.

Thoracostoma steineri n. sp.

♀ in Seitenansicht von rechts. *a* Vorderende, 475 : 1; *b* Schwanz, 250 : 1.

Einige Übereinstimmung herrscht auch mit den Mittelmeerarten Marions[2], die leider teils unvollständig beschrieben, teils mißverstanden, heute kaum wiedererkannt werden können. So zeigt *Th. montredonense* einen anderen Spikularapparat und das präanale Hilfsorgan wird nicht gezeichnet[1], der Kopfpanzer aber ist zu ungenau abgebildet, um einen Vergleich zuzulassen. *Th. zoloae* zeigt mehr Übereinstimmung im Bau des Vorderendes und namentlich des Kopulationsapparates, so daß ich — obwohl auch hier Marion kein präanales Hilfsorgan abbildete — im Zweifel bin, ob mir nicht doch diese Art vorgelegen hat. *Th. dorylaimus* endlich muß ich nach Fig. 2 auf tab. H für ein Häutungsstadium halten.

---

[1] J. G. de Man, Nématodes libres, in Expéd. Antarctique Belge, Anvers 1904.

[2] Marion, M. A. F. Recherches zoologiques et anatomiques des Nématoids non parasites, marins, in Ann. Scienc. Naturelles. V. S. Zoologie T. XIII, Paris 1870.

14. **Tylenchus mediterraneus** n. sp.

(Fig. 12.)

Nur ein eierloses ♀ im Korallenriff bei Suez von folgenden Maßen· L 0·81 *mm*, a 40, b 7·8, c 10·6, V 69·5%, *expo* 72%.

Bisher wurde marin nur ein einziger *Tylenchus*, *T. fucicola* de Man[2] und Barton beschrieben, der unsere Art so nahe steht, daß es genügt, die Unterschiede hervorzuheben. 1. Der Mundstachel unserer Art erreicht $^1/_9$ ($^1/_{6\cdot9}$ bis $^1/_{11}$, n 11) der Gesamtösophaguslänge oder absolut 17·6 μ (9·5 bis 23·7 μ, n 17) beim ♀, $^1/_{7\cdot7}$ (17 μ, n 3) beim ♂ gegen $^1/_{13}$ bis $^1/_{15}$ bei *T. f.* 2. Der postanale Teil der Bursa (Fig. 12, *bu*) erreicht meist[3] weniger als $^1/_4$, bei *T. f.* mehr als $^1/_4$ ($^1/_{3\cdot5}$) der Schwanzlänge. 3. Unsere Art lebt frei an der ständig untergetauchten, algenreichen Küste des mittelländischen und roten Meeres, während *T. fucicola* in *Fucus nodosus* an der Küste Schottlands aufgefunden wurde. Außerdem gibt es noch kleinere Unterschiede, wie Körperlänge (*T. m.* 0·59 bis 1·11, *T. f.* 1·1 bis 1·45 *mm*), Schwanzlänge (c 8·6 bis 12·3 gegen 11 bis 13), Breite der Seitenmembran (*sm*) ($^1/_{10}$ bis $^1/_{12}$ gegen $^1/_9$ des Körperdurchmessers), ein mitunter[4] geschwungenes (*acc*) gegen nicht geschwungenes akzessorisches Stück. *T. mediterraneus* ist vermutlich die freilebende Stammart von *T. fucicola*.

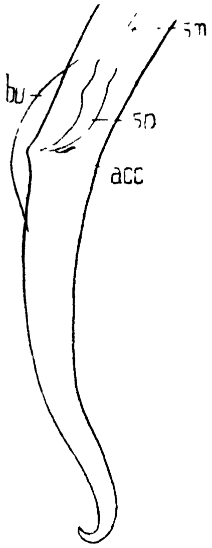


Fig. 12.
Tylenchus mediterraneus n. sp. Hinterkorper eines ♂ aus der Bocche di Cattaro.
Seitenansicht links, 850.1

Vorkommen, Fundort: In der Adria zusammen mit 2 anderen neuen Tylenchen die häufigste Art des Genus, im allgemeinen ziemlich selten, wenig verbreitet. Suez, Adria (Rovigno, Meleda, Bocche di Cattaro), Marmarameer.

---

[1] Möglicherweise ist in Fig. 1 *e* auf tab. J das dunkle praanale, etwas weniger als 1 Schwanzlänge vom After entfernte ventrale Gebilde auf das präanale Hilfsorgan zurückzuführen.

[2] J. G. de Man, Über eine neue, in Gallen einer Meeresalge lebende Art der Gattung *Tylenchus* Bast., in Festschr. f. Leuckart, 1892.

[3] Unter 3 Fällen zweimal.

[4] Einmal unter 3 ♂.

15. Männchen der Thoracostoma-Gruppe.

(Fig. 13 *a* bis *c*.)

Ein einziges ♂ vom Korallenriff bei Suez mit folgenden Maßen: *L* 4·65 *mm*, *a* 52, *b* 4·2, *c* 65, *Gb* 50%, *nr* 38%.

Körperform: Die Körperbreiten am Vorderende, Nervenring, Ösophagusende, Mitte, After und Schwanzmitte verhalten sich wie 26·7 : 83 : 93 : 1 : 94 : 43. Die Verjüngung nach vorne zu ist mithin sehr beträchtlich. Die **Kutikula** ist ungeringelt, dünn (1 bis 1·1 μ) und trägt am Vorderkörper (Fig. 13 *a*) kleine Borsten. Die Seitenfelder sind mäßig breit ($^1/_4$ des Durchmessers), außerdem finden sich schmale Submedianfelder.

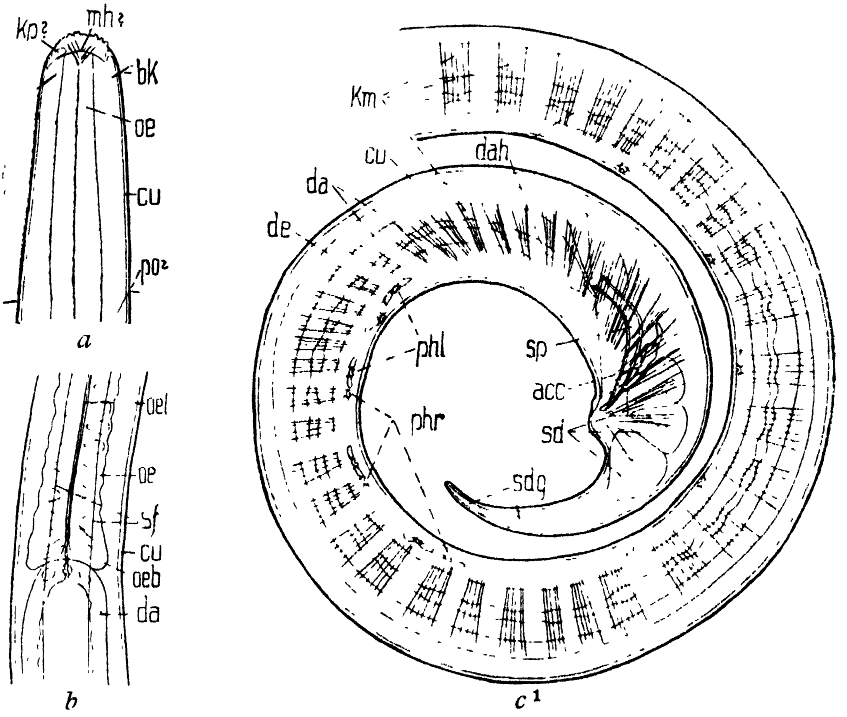


Fig. 13.

Unbestimmtes Männchen, vermutlich aus der *Thoracostoma*-Gruppe. Seitenansicht links. *a* Vorderende, 750 : 1; *b* Ösophagusende und Beginn des Mitteldarms, 475 : 1; *c* Kopulationsgegend, 475 : 1.

Polymyarier. Das **Vorderende** (Fig. 13 *a*) war leider durch anhängende Fremdkörper nur wenig auflösbar, so daß ich über die Genuszugehörigkeit nichts Bestimmtes auszusagen vermag. Es scheint eine Kopfkappe (*kp*) vorhanden zu sein, hinter der die Kopfborsten (*bk*, submedian, 4) gelegen sind. Über das Seitenorgan und die Mundhöhle kann ich keine Angaben machen. Der Ösophagus nimmt während des größten Teiles seines Verlaufs etwa $^1/_4$ des Durchmessers des Körpers ein und schwillt hinten (Fig. 13 *b*) an, so daß er vor dem Ende $^1/_2$ des entsprechenden Körperdurchmessers erreicht. Das bulbusartige Ende selbst beträgt $^4/_5$. Die Struktur des Ösophagus erhält durch das Abwechseln muskelarmer und muskelreicher Gewebsstellen ein eigenartiges Aussehen (Fig. 13 *b*, punktiert). Der Nervenring ist breit, deutlich, mit gut erkennbaren Fasern. Etwa 150 μ dahinter findet sich eine etwa 200 μ lange Reihe großer Zellen. Diese mitunter in Doppelreihe auftretenden Zellen erreichen etwa 12 : 8 μ und sind vermutlich Ganglienzellen. Weder eine Ventraldrüse, noch Seitenfelddrüsen wurden beobachtet. Der Mitteldarm nimmt etwa $^7/_{10}$ des Körperdurchmessers ein. Seine blaß gekörnelten Zellen sind ohne Sonderstruktur. Seine Wand mißt nur 3·3 μ, das Lumen ist weit. Der Enddarm des ♂ ist etwas länger als der anale Körperdurchmesser.

---

[1] Durch ein Versehen wurden Darm und Ductus ejaculatorius verkehrt bezeichnet. Ersterer liegt, wie gewöhnlich, dorsal, letzterer ventral.

Das beste Kennzeichen stellt der eigenartige Kopulationsapparat (Fig. 13 *c*) des Männchens dar. Der Hode ist unpaar. Die Spermien (Samenmutterzellen?) sind 5·6 μ im Durchmesser groß. Die Bogensehne der Spikula (*sp*) erreicht etwa die halbe Schwanzlänge. Sie sind mäßig gebogen, ihr inneres Ende ist leicht angeschwollen. Das akzessorische Stück (*acc*) ist groß, erreicht die halbe Spikulalänge und zeigt etwa in der Mitte jederseits eine seitliche Verdickung. Sehr eigenartig ist die Anordnung der ähnlich wie bei *Eurystoma* und *Thoracostoma* gebauten akzessorischen Organe, auch präanale Hilfsorgane, »ventouses« (*phl*, *phr*) genannt. Diese Gebilde finden sich hier nicht wie gewöhnlich ventromedian, sondern jederseits subventral, so zwar, daß links von der Medianlinie nur 4 Hilfsorgane (*phl*) vorhanden sind, deren vorderste 2·3 Schwanzlängen präanal gelegen ist, während rechts nicht weniger als 10 Hilfsorgane (*phr*) vorkommen, die 4·7 Schwanzlängen vor dem After beginnen. Die hinterste Papille ist etwas mehr als 1 Schwanzlänge vom After entfernt, die übrigen folgen in etwa gleichen Entfernungen von ungefähr $^2/_5$ der Schwanzlänge. Die Kopulationsmuskeln (*km*) sind etwa 3·3 μ breit, voneinander etwas weiter entfernt als ihre Breite und reichen nach vorne bis über das vorderste präanale Hilfsorgan heraus.

Der Schwanz (Fig. 13 *c*) verjüngt sich gleichmäßig; sein leicht abgerundetes Ende wird von einem Drüsengange durchbohrt. Die großen Schwanzdrüsen (*sd*) liegen im Schwanze selbst.

Verwandtschaft, Unterscheidung: Dieser Nematode nimmt durch seine asymmetrisch verteilten submedianen, präanalen Hilfsorgane eine Sonderstellung ein, die ihn wahrscheinlich zum Vertreter eines neuen Genus macht. Das Aussehen erinnert an

Enchelidium, doch der Mangel an Ozellen, das Vorderende (?), das Fehlen einer Ventraldrüse, die Schwanzdrüsen und vor allem der eigenartige Kopulationsapparat sind gewichtige Unterschiede.

Von *Eurystoma*, an welches Genus der Bau der präanalen Hilfsorgane erinnert, ist das vorliegende Tier durch Zahl und Stellung dieser Gebilde sowie durch die Mundhöhle, das Fehlen der Ozellen und den Mangel der Ventraldrüse unterschieden.

Vermutlich gehört unsere Form in die *Thoracostoma*-Gruppe und ist wahrscheinlich der Vertreter eines neuen, durch asymmetrisch subventral gelegene präanale Hilfsorgane gekennzeichneten Genus. Da ich den Bau des Vorderendes nicht zu erkennen vermochte und überdies nur ein einziges Männchen sah, will ich mit der systematischen Einreihung und mit der Benennung noch zuwarten, möchte aber doch die Aufmerksamkeit auf diesen eigenartigen Nematoden lenken, der nach der voranstehenden Beschreibung im Verein mit den Abbildungen sicherlich wiedererkannt werden kann.

Figurenerklärung.

acc	Akzessorisches Stück, Fuhrungsstück, Gubernaculum.
b	Borsten.
be	Erweitertes Osophageallumen.
bk	Kopfborsten.
bkl	Seitliche Kopfborsten.
bksm	Submediane Kopfborsten.
bsm	Submedianborsten.
bu	Bursa.
ck	Kutikularkörperchen.
cp	Kutikularporus.
cu	Kutikula.
cuk	Kutikula des Kopfes.
d	Dorsal.
da	Mitteldarm.
dah	Darmhöhe.
de	Ductus ejaculatorius.
ded	Enddarmdrüsen.
ds	Drüsensekret.
dv	Schwanzdrüsen - Verschlußapparat (Ventil).
eb	Endblase der Schwanzdrüsen.
ed	Enddarm.
eg	Exkretionsgang.
er	Endröhrchen der Schwanzdrüsen.
exb	Exkretionsendblase.
km	Kopulations- (Bursal) Muskulatur.
kp	Kopfpanzer.
kst	Keulenförmiges Stück des Kopfpanzers.
kz	Zellen verschiedener Herkunft (Muskel, Bindegewebe, Hypoderm).
li	Lippen.
lib	Lippenborsten.
lin	Linse.
lsl	Innere Lippenstreifen.
mh	Mundhöhle.
nr	Nervenring.
oe	Ösophagus.
oc	Ocellus, Auge.
oeb	Ösophagealbulbus.
oel	Ösophageallumen.
oep	Ösophagealpfropf.
p	Papillen.
phl	Linkes präanales Hilfsorgan (akzessorisches Organ, ventouse).
phr	Rechtes präanales Hilfsorgan.
pi	Pigment.
pil	Laterales Pigment.

pism	Submedianes Pigment.
po	Porus.
pp	Präanalpapillen.
ps	Porus der Schwanzdrüse.
sd	Schwanzdrüsen.
sdg	Schwanzdrüsengang.
sf	Seitenfeld, Längswulst Steiners.
so	Seitenorgan.
sp	Spikulum.
spa	Spalten, Ausnehmungen im Panzer.
sm	Seitenmembran, seitliche Längsfelder Steiners.
v	Ventral.
vd	Ventraldrüsenzelle.
zd	Dorsaler Zahn der Mundhöhle.
zdr	Speicheldrüse.
zv	Ventraler Zahn der Mundhöhle.
zvl	Linker subventraler Mundhöhlenzahn.
zvr	Rechter subventraler Mundhöhlenzahn.

Amitose, Fragmentation und Vakuolisierung pflanzlicher Zellkerne

Von

Josef Kisser
Assistent am pflanzenphysiologischen Institut der Wiener Universität

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien.
Nr. 178 der zweiten Folge

(Mit 2 Tafeln)

(Vorgelegt in der Sitzung am 23. März 1922)

I. Einleitung.

Die Bilder, die einerseits auf direktem Wege sich teilende Kerne, anderseits solche, die eben im Begriffe sind, miteinander zu verschmelzen, uns bei der Beobachtung liefern, sind einander so ähnlich, daß sich oft im Vorhinein nicht entscheiden läßt, welcher der beiden Fälle vorliegt. Auch dann, wenn gleichzeitig in benachbarten gleichwertigen Zellen zwei oder mehrere Kerne vorhanden sind, ist der Vorgang nicht geklärt, denn sie können in früheren Stadien mitotisch entstanden sein und nachträglich miteinander verschmelzen oder sie sind das Produkt einer direkten Teilung In beiden Fällen gleichen sich diese Vorgänge sehr, so daß sie zu Verwechslungen Anlaß geben können. Darauf wurde schon des öftern von anderer Seite hingewiesen und zahlreiche als Amitosen bezeichnete Vorgänge haben sich nachträglich als Kernverschmelzungen herausgestellt.

Den eindeutigsten Beweis, ob Verschmelzung oder direkte Teilung der Kerne vorliegt, mußte, wie man anzunehmen geneigt wäre, wohl die Beobachtung und Weiterverfolgung der Kerne am lebenden Material bieten. Dem ist jedoch nicht so, da sich hier Schwierigkeiten in den Weg stellen, die eindeutige Ergebnisse ausschließen und auf die bereits **Schürhoff**[1] hinweist. Denn es tritt, bedingt durch die Verletzung ein baldiges Absterben der Kerne ein, außerdem kann ähnlich wie bei der Mitose eine Rückbildung des Vorganges einsetzen, so daß dadurch eben verschmelzende Kerne Amitosen, anderseits sich eben amitotisch teilende Kerne Verschmelzung vortäuschen können.

Lundegårdh,[2] der den Teilungsvorgang der Kerne in den Wurzelspitzen von *Vicia faba* und *Allium cepa* an lebendem Material verfolgte, fand, daß Teilungsstadien der Kerne, »solange die Zellen leben, in demselben morphologischen Zustande, ohne sich sonderlich zu verändern«, verharren. Es dürfte dies in erster Linie auf die Verwundung der Zellen und die sonstigen unnatürlichen Bedingungen zurückzuführen sein, da wir trotzdem zahlreiche Objekte kennen, bei denen sich die Teilung der Kerne in allen Phasen verfolgen läßt. Die direkte Beobachtung der Kernteilung bei *Spirogyra* bietet, wie Strasburger[1] zuerst zeigte, keine nennenswerten Schwierigkeiten und auch die Staubfadenhaare der *Tradescantia*-Arten sind dafür nach Strasburger[2] und Lundström[3] in hohem Maße geeignet. Schon vor diesen hatte Treub[4] ein günstiges Objekt für diesen Zweck in den Suspensoren von *Orchis latifolia* und den Samenknospen von *Epipactis palustris* und *E. latifolia* gefunden. Diese wenigen Beispiele für die Möglichkeit einer Lebendbeobachtung von Teilungsvorgängen zeigen aber gleichzeitig, daß die durch die Präparation verursachte Verletzung nicht ohne allen Einfluß auf das Geschehen in der Zelle und dessen direkte Beobachtung ist und daß in den zuletzt genannten Fällen diese Hemmung fast vollständig wegfällt, weil mit der Präparation nur eine geringe Schädigung des Materials verbunden ist.

---

[1] Schürhoff P. N., Über die bisher als Amitosen gedeuteten Kernbilder von *Tradescantia virginica*. (Jahrb. f. wiss. Bot. 1917. Bd. 57.)

[2] Lundegårdh H., Die Kernteilung bei höheren Organismen nach Untersuchungen an lebendem Material. (Jahrb. f. wiss. Bot. 1912. Bd. 51.)

Wie nicht anders zu erwarten war, schlugen auch meine Versuche, ein positives Ergebnis durch Lebendbeobachtung in bezug auf die Formveränderungen der Kerne in den Parenchymzellen des Stengels von *Tradescantia virginica* zu erzielen, vollkommen fehl. Die Bewegungen und Veränderungen der Kerne vollziehen sich nur sehr langsam und durch die sich allmählich einstellenden Absterbeerscheinungen ist der Dauer der Beobachtung eine enge Grenze gezogen. Es gelang mir auch nicht, die von Zimmermann[5] beschriebenen und abgebildeten Kerne aus dem Mesophyll von *Sempervivum tectorum* im Leben zu verfolgen, da außer den vorhin genannten Gründen bei diesem Objekt die Gestalt der Kerne durch die um sie oft zahlreich gelagerten Chloroplasten meist nur undeutlich festgestellt werden kann, außerdem die in den Interzellularen kapillar festgehaltene Luft die Beobachtung erschwert. Auch mit Hilfe der Wasserstrahlluftpumpe ließ sie sich nur teilweise entfernen und im Falle, daß dies auch vollständig gelingt, ist man nie sicher, ob und in welchem Ausmaße das Objekt dabei gelitten hat.

Die Lebendbeobachtung von Gestaltsveränderungen der Kerne ist mit viel größeren Schwierigkeiten verbunden als die von mitotischen Teilungen. Da erstere relativ selten sind, viel mehr Zeit in Anspruch nehmen und wir bisher über kein für diesen Zweck geeignetes Objekt verfügen, darf es auch nicht wundern, wenn die Ergebnisse solcher Versuche sehr gering sind.

---

[1] Strasburger E., Zellbildung und Zellteilung, III. Aufl., Jena.

[2] Strasburger E., Über ein zu Demonstrationen geeignetes Zellteilungsobjekt. (Sitzungsberichte d. Jenaischen Ges. f. Medizin u. Naturwiss., Jahrg. 1879.)

[3] Lundström A., Jakttagelser af ceeldelnig på lefvande material. (Bot. Notiser 1879.)

[4] Treub M., Quelques recherches sur le rôle du noyau dans la division des cellules végétales. (Natuurk. Verh. der koninkl. Akad., Deel 19, 1878.)

[5] Zimmermann A., Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkernes, p. 13, Jena 1896.

II. Amitose.

Historisches und eigene Untersuchungen.

Schon von älteren Autoren wurde vielfach die Ansicht ausgesprochen, daß nicht alle jene Vorgänge, bei denen der Kern unregelmäßige Form und Gestalt annimmt, zerklüftet wird oder sich einschnürt und schließlich auch in Teilstücke zerlegt werden kann, untereinander gleichwertig sind. Morphologisch einander ziemlich ähnlich, sind sie ihrer Natur nach grundverschieden voneinander. Es handelt sich um den als Amitose bezeichneten einfachen Teilungsvorgang mancher Kerne und um die Fragmentation, deren Wesen in einem späteren Abschnitt behandelt werden soll.

Die Amitosen sind ein gegenüber den Mitosen bedeutend vereinfachter Teilungsmodus der Kerne. Der innige Zusammenhang, der zwischen Kern und den in der Zelle sich abspielenden mannigfachen Vorgängen besteht, wird durch amitotische Teilung nicht gestört, da wir sehen, daß in solchen mehrkernig gewordenen Zellen Wachstum, Sekretion etc. nicht gehemmt sind und daß außerdem für diese Vorgänge eine gleichmäßige Aufteilung der chromatischen Substanz auf die Tochterkerne nicht von Notwendigkeit ist. Dies bestätigen die Befunde Strasburgers[1] bei *Nitella*, »daß in den zur Amitose übergehenden Kernen die Substanz, die man hergebrachterweise als Linin bezeichnet, dauernd zunimmt und so auch die Nukleolarsubstanz, nicht aber das Chromatin«.

Die wirksamen Kräfte des Kernes müssen in erster Linie an seiner Oberfläche wirken. Bei starkem Wachstum der Zellen finden wir daher immer, daß er seine Oberfläche vergrößert, er gibt seine kugelige Gestalt auf und streckt sich oft so bedeutend in die Länge, daß seine Oberfläche nun ein Vielfaches seiner früheren beträgt. Damit ist nicht selten noch eine bedeutende Volumszunahme verknüpft, so daß Wachstum und Streckung im selben Sinne zusammenwirken, in anderen Fällen wird die Oberflächenvergrößerung durch wiederholte Teilungen — sei es durch mitoitsche oder amitotische — herbeigeführt und in diesem Punkte liegen die gemeinsamen Beziehungen dieser beiden Teilungsarten der Kerne. Ihre Produkte sind vom ernährungsphysiologischen Standpunkte aus sich vollkommen gleichwertig, nur wird Amitose nur dort auftreten können, wo der Kern mit Fortpflanzung und Vererbung nichts mehr zu tun hat.•

Die Frage, in welchem entwicklungsgeschichtlichen Verhältnisse Mitose und Amitose zu einander stehen, wurde zuletzt von Strasburger[1] (l. c.) erörtert. »Was endlich die Frage anbetrifft, ob phylogenetisch die Mitose aus der »Amitose« hervorgegangen sei, so müßte diese Frage heute wohl etwas anders gefaßt werden. Mit zunehmender Arbeitsteilung im Organismus und steigender Sonderung in seinem Bau dürfte auch die Teilung der Träger der Erblichkeit, der Kerne, entsprechend komplizierte Vorgänge verlangt haben. Ja, es läßt sich annehmen, daß es eine übereinstimmende Steigerung der Anforderungen an die Leistung der Kerne war, die es veranlaßte, daß auf einer korrespondierenden Höhe der Organisation die nämlichen karyokinetischen Vorgänge sich einstellen. Die ursprünglichste Teilung eines Kerns, bei einem mit Kern schon versehenen, doch mit nur wenigen spezifischen Merkmalen erst ausgestatteten Organismus, brauchen wir uns nicht viel komplizierter als die Durchschnürung eines Chlorophyllkorns in zwei gleiche Hälften vorzustellen. Von solchen Teilungen bis zu den ausgeprägt mitotischen mögen alle Zwischenstufen durchlaufen worden sein. Einfachere Kernteilungsvorgänge primitiverer Art dürften aber keinesfalls Amitosen genannt werden, weil das Wort doch eigentlich den Verlust der mitotischen Teilungsart aussagt. Man sollte sie als ursprüngliche Kernteilung, Protokaryokinese, bezeichnen und den Ausdruck Amitose auf sie nicht mehr anwenden.«

---

[1] Strasburger E., Einiges über Characeen und Amitose. (Wiesner Festschrift, Wien 1908.)

Die ursprüngliche Teilungsart, die nur gewisse morphologische Beziehungen zur Amitose aufweist, muß natürlich von diesen Gesichtspunkten heraus in diesem Zusammenhang ausgeschaltet werden. Ich glaube mit einer gewissen Berechtigung annehmen zu können, daß die bei Pflanzen, die auf einer höheren Stufe der Organisation stehen, auftretenden Amitosen als abgeleiteter, aus den Mitosen entwickelter Vorgang anzusehen sind. Dafür sprechen folgende Gründe, die auch gleichzeitig das Wesen der Amitose charakterisieren.

1. Amitotische Teilung tritt immer in Zellen auf, deren Kerne sich früher mitotisch geteilt haben.

2. Bei Amitosen ist eine gleichmäßige Aufteilung der Vererbungsmasse auf die Tochterkerne nicht notwendig, daher wird die chromatische Substanz auch nicht vermehrt.

3. Zwischen sich amitotisch teilenden Kernen tritt nie eine Zellwandbildung auf, da durch Amitosen nicht neue Zellen, sondern vielkernige gebildet werden sollen. Die dadurch zustande kommende Vergrößerung der Oberfläche der Kerne steht im Zusammenhang mit der Größe der Zellen oder gesteigerten physiologischen Ansprüchen.

4. Amitose ist ein vereinfachter Teilungsmodus, hervorgegangen aus Mitose, daher kann auf diese nie Mitose, der kompliziertere Vorgang folgen.

Wie mit fortschreitender Entwicklung ganze Organe der Pflanze rückgebildet werden können, so wäre es auch hier denkbar, daß in einzelnen Fällen der Modus der Kernteilung eine Umstimmung erfahren hat und in Zellen, wo dies unbeschadet für den ganzen Organismus möglich war, der kompliziertere Vorgang dem einfacheren, die Mitose also der Amitose weichen mußte.

Daß Amitose die Funktionen der Mitose übernehmen kann, wo eine gleichmäßige Aufteilung der chromatischen Substanz nicht erforderlich ist, sollen die im folgenden zusammengestellten Beispiele zeigen.

Die höheren Pflanzen besitzen Zellen, die durch ihre Größe hervorragen, wie die Bastfasern und Milchröhren, ferner Milch- und Schleimgefäße etc. Da ihre Länge oft eine sehr bedeutende werden kann, finden wir in ihnen ein Verhalten der Kerne, das auf Oberflächenvergrößerung hinzielt und auf verschiedene Art erreicht werden kann, entweder durch abnormes Wachstum oder durch Vielkernigkeit.

Im ersteren Falle strecken sie sich bedeutend in die Länge, wobei ihr Aussehen fadenförmig werden kann. Solche Fadenkerne hat Molisch[1] in vollendetster Form in den Schleimgefäßen von *Lycoris radiata Herb.* gefunden, aber auch bei anderen Amaryllideen, wenngleich dort seltener und nicht von solcher Ausdehnung. Eine Teilung dieser Kerne oder einen Zerfall in Segmente konnte Molisch trotz zahlreichen untersuchten Materials nicht beobachten. Wenn eine Teilung überhaupt stattfindet, kann sie nur amitotisch vor sich gehen, denn es läßt sich schwer denken, wie unter den gegebenen Umständen eine Heraussonderung der Chromosomen und die Anlage der Spindelfasern möglich wäre. Eine Teilung scheint mir aber bei den Fadenkernen überhaupt nicht nötig, da ja durch sie keine weiteren Vorteile erreicht werden können. Was die Bedeutung betrifft, die diesen Fadenkernen zukommt, so schließt sich Molisch den Ausführungen Strasburgers[2] an, der zeigte, daß die Wirkungssphäre des Kernes nur eine begrenzte ist, und sieht in dem Auswachsen zu solcher Länge ein Mittel, das »möglicherweise der besseren und reichlicheren Fortleitung und Zuleitung der von Kern und Cytoplasma ausgehenden Impulse dient«, was in anderen Fällen durch die Bildung zahlreicher Kerne erreicht wird.

Schon Treub[3] berichtet über das Vorkommen zahlreicher Kerne in den Bastfasern von *Humulus Lupulus, Urtica dioica, Vinca minor* und in den milchsaftführenden Schläuchen von *Ochrosia coccinea, Vinca minor, Urtica dioica* und einiger anderer Pflanzen. Die Vielkernigkeit wurde dann bei zahlreichen anderen bestätigt. Über die Art der Teilung herrscht jedoch Meinungsverschiedenheit. Nach Johow[4] vermehren sie sich in den stark verdickten Bastfasern von *Tradescantia* durch Durchschnürung. Mehrkernigkeit sowohl der verdickten als auch der unverdickten Bastfasern von *Urtica* stellte Treub[5] fest und Kallen[6] bestätigte diese Angaben. Letzterer fand in einer zu drei Viertel freipräparierten Bastfaser über 160 Kerne und zeigte gleichzeitig, daß ihre Entstehung amitotisch vor sich geht, während Treub[7] an der mitotischen Teilung der Kerne, für die er sich ausspricht, festhält.

Wenn man die Größe mancher Algenzellen bedenkt, z. B. bei den Siphoneen, so erscheint die Vielkernigkeit leicht verständlich. Die Vermehrung der Kerne vollzieht sich jedoch, mit wenigen Ausnahmen, mitotisch. Bei den Blasen von *Valonia utricularis* aber finden wir einen Fall, wo in derselben Zelle neben mitotischer auch amitotische Teilung vorkommt. Während Schmitz[8] die Amitose nur auf bestimmte Regionen der Blase einschränkt, ist Fairchild[9] der Ansicht, daß sie gleichmäßig auftritt. Es scheint hier also bereits eine Funktionsteilung eingetreten zu sein, indem die nach vereinfachter Art geteilten Kerne die vegetativen Funktionen, die mitotisch entstandenen die Bildung der Zoosporen und damit die Fortflanzung übernehmen

---

[1] Molisch H., Über Zellkerne besonderer Art. (Bot. Ztg., 1899.) Studien über den Milch- und Schleimsaft der Pflanzen. Jena. 1901.

[2] Strasburger E., Über die Wirkungssphäre der Kerne und die Zellgröße. (Hist. Beiträge, Heft 5. Jena, 1893.)

[3] Treub M., Sur la pluralité des noyaux dans certaines cellules végétales. (Comptes Rendus des séances de l'Akad. d. Sc. 1879.)

[4] Johow Fr., Die Zellkerne von *Chara foetida.* (Bot. Ztg., 1881, 39. Jg.)

[5] Treub M., Sur les cellules végétales à plusieurs noyaux. (Extr. des Arch. Néerland. T. 15. 1880.)

[6] Kallen, Verhalten der Plasmakörper in den Geweben von *Urtica urens.* (Flora, 1882, Jg. 65.)

[7] Treub M., Erwiderung. (Flora, 1882, Jg. 65.)

[8] Schmitz, Untersuchungen über die Struktur des Protoplasmas und der Zellkerne in Pflanzenzellen. (Verhandl. d. naturhist. Ver. d. preuß. Rheinlande u. Westfalen, 1880.)

[9] Fairchild, Ein Beitrag zur Kenntnis der Kernteilung bei *Valonia utricularis.* (Ber. d. D. bot. Ges., 1894, Bd. 12.)

Die Characeen, denen nach Oltmanns[1] eine isolierte Stellung im System zukommt, auf die auch Strasburger (l. c.) in anderem Zusammenhang hinweist, zeigen diese Funktionsteilung im vollendetsten Maße. Die Kerne der Internodialzellen teilen sich nur amitotisch und auf diese Art entstehen viele hunderte, ja tausende Kerne. Sie sind ihrer formativen Eigenschaften vollständig beraubt, da ja der Zweck dieser Teilungen in anderer Richtung liegt und nur die Zellen der Knoten haben ihren ursprünglichen Charakter bewahrt. Nur diese sind für Neubildungen geeignet, die Internodialzellen hingegen, wie durch Experimente festgestellt wurde, nicht.

Von großem Interesse für uns sind auch die zweikernigen Griffelkanalzellen. Sie wurden von Schürhoff[2] bei *Sambucus* gefunden und vor ihm schon ebenfalls dort und auch bei *Adoxa moschatelina* von Lagerberg[3], dessen Auffassung und Erklärung darüber von Schürhoff berichtigt wurde. Dieser kommt zu dem Ergebnis, daß diesen Zellen Drüsencharakter zukommt und daß sie Stoffe produzieren, die chemotaktisch auf den Pollenschlauch wirken. Die Teilung der Kerne geht mitotisch vor sich, es kommt jedoch häufig vor, daß die Tochterkerne wieder miteinander verschmelzen. Auch in den Drüsenzellen des Griffelkanals von *Lilium Martagon* fand Schürhoff[4] fast regelmäßig zwei Kerne, jedoch mit dem Unterschied von *Sambucus*, daß sie amitotisch entstehen und der Teilung eine bedeutende Volumszunahme vorausgeht. Die Bedeutung dieses Vorganges faßt Schürhoff in folgenden Sätzen zusammen: »Wichtig jedoch scheint mir die Feststellung zu sein, daß es sich um Kerne eines spezifisch ausgebildeten Gewebes handelt, dessen Tätigkeit mit der einmaligen kräftigen Funktion seiner Zellen beim Befruchtungsakt beendigt ist. Daher haben die Kerne keine morphologischen Funktionen mehr auszuüben und die Amitose dürfte somit hier den Ausdruck einer infolge dieser Kernvermehrung aufs höchste gesteigerten sekretorischen Funktion darstellen. Diese Deutung würde mit der bisherigen Annahme, daß durch die Amitose der morphologischen Tatigkeit des Zellkerns das Todesurteil gesprochen ist, in vollkommener Übereinstimmung stehen. Als Zweck dieser Kernteilung nehme ich die erzielte Vergrößerung des Kernvolumens und der Kernoberfläche im Verhältnis zum Cytoplasma an, wodurch eine Erhöhung der Intensität der Beziehungen zwischen Kern und Cytoplasma gegeben ist, wie ich dies auch für eine Erklärung der Zweikernigkeit der Drüsenzellen am Griffelkanal von *Sambucus* zugrunde gelegt habe.« Sowohl bei *Sambucus* als auch bei *Lilium Martagon* liegen Zellen vor, die ihrer Natur nach vollkommen gleichwertig und in demselben Sinne, nämlich sekretorisch tätig sind. In beiden Fällen wird Oberflächenvergrößerung der Kerne angestrebt, die in dem einen Fall durch mitotische, in dem anderen durch amitotische Teilung erreicht wird. Die Auffassung von Chun[5] über die Amitose geht ebenfalls dahin, daß deren Endergebnis Oberflächenvergrößerung der Kerne ist, die mit einer besonderen Funktion der Zelle im Zusammenhang steht.

Die Amitose ist ein aus inneren Ursachen sich abspielender Vorgang und in das Lebensgetriebe des einen oder anderen Individuums hineingehörig. Bei Beantwortung der Frage, welche von den zahlreich bekannt gewordenen Fällen von direkter Teilung der Kerne zu den Amitosen zu rechnen sind, müssen obige Gesichtspunkte maßgebend sein. Wir finden dann, daß sie im Pflanzenreich selten sind und nur einige wenige Vertreter haben. Alle anderen Vorkommnisse direkter Zerteilung der Kerne müssen zur Fragmentation gerechnet werden, bei der der Zerfall des Kernes in Teilstücke nur eine sekundäre Erscheinung ist.

---

[1] Oltmanns Fr., Morphologie und Biologie der Algen. Jena, 1904.

[2] Schürhoff P. N., Über regelmäßiges Vorkommen zweikerniger Zellen an den Griffelkanalzellen von *Sambucus*. (Biolog. Centralbl., 1916, Bd. 36.)

[3] Lagerberg, Studien über die Entwicklungsgeschichte und systematische Stellung von *Adoxa moschatelina*. (K. Svensk. Vetenskaps. Handlingar, Bd. 44, Nr. 4.)

[4] Schürhoff P. N., Die Drüsenzellen des Griffelkanales von *Lilium Martagon*. (Biolog. Centralbl., 1918, Bd. 38.)

[5] Chun, Über die Bedeutung der direkten Kernteilung. (Sitz.-Ber. d. phys. ökonom. Ges. zu Königsberg, 1890.)

Was das Verhältnis von Mitose und Amitose zueinander betrifft, so galt nicht immer die jetzt herrschende Meinung; ein Teil setzte sich für restlose Gleichwertigkeit dieser beiden Vorgänge ein, der andere stellte beide scharf einander gegenüber. Die diesbezügliche Literatur findet sich bei Strasburger[1] und Schürhoff[2] zusammengestellt.

In diesem Zusammenhang soll auch noch eine von Schürhoff (l. c.) aufgestellte Behauptung eine kritische Behandlung erfahren, da sie sich auf die Zahl der Kerne, die durch amitotische Teilung entstehen können, bezieht. Er sagt an einer Stelle folgendermaßen: »Da wir annehmen müssen, daß bei Amitosen die einzelnen Chromosomen auf die Tochterkerne verteilt werden, ohne daß vorher durch eine Heraussonderung der Chromosomen und deren Längsspaltung eine Verdoppelung ihrer Anzahl eingetreten ist, so ergibt sich hieraus, daß durch Amitose aus einem Kern nur eine beschränkte Anzahl neuer Kerne hervorgehen kann; denn wir müssen annehmen, daß jedes Teilungsprodukt ein Chromosom nötig hat, um existenzfähig zu sein. Daß derartige Kernchen lebensfähig und imstande sind, sich völlig wie normale Kerne zu verhalten, ist aus den Teilungen der Pollenmutterzellen von *Hemerocallis fulva*[3] und aus dem Auftreten von zahlreichen Karyomeren[4] bekannt. Ein Kern mit der diploiden Chromosomenzahl 24 würde also auf amitotischem Wege höchstens 24 Kernchen ergeben, dabei aber ist es gleichgültig, ob durch eine Amitose der Bestand der einzelnen Chromosomen zu gleichen oder ungleichen Teilen auf die Tochterkerne verteilt wird. Wir sehen jedoch aus dieser Überlegung, daß aus einem Kern durch Amitose eine bedeutende Anzahl von Tochterkernen entstehen kann, wie wir dieses auch tatsächlich bei den Characeen finden.«

Diese Schlußfolgerungen fundieren auf einer irrigen Voraussetzung. Die Ansicht Strasburgers[5], »daß jedes Segment des Kernfadens die Eigenschaften des ganzen Kernfadens teilt« wurde von Juel[3] in folgenden Sätzen zusammengefaßt: »Jede Chromatinmasse, die sich in irgendeiner Weise aus ihrer normalen Bahn verirrt hat, bekommt eine angemessene Portion von Kinoplasma und Trophoplasma. Sie kann zum Kern einer besonderen Zelle werden, und dieser Kern kann in vielen Fällen eine selbständige karyokinetische Teilung ausführen, wodurch die Kerne von zwei neuen, selbständigen und sich mit Wänden umgebenden Zellen erzeugt werden. Diejenigen Eigenschaften, welche der Zelle als solche zukommen, sind also nicht nur an die Gesammtheit der in einer Zelle vorkommenden Chromosomen, sondern auch an jedes einzelne dieser Chromosomen gebunden.« Daraus geht jedoch nur hervor, daß solche Kernchen tatsächlich lebensfähig sind und mitotische

---

[1] Strasburger E., Die Ontogenie der Zelle seit 1875. (Progressus rei Botanicae, I. Bd. Jena, 1907.)

[2] Schürhoff P. N., Das Verhalten des Kernes im Wundgewebe. (Beih. z. bot. Centralbl., Bd. 19. 1906.)

[3] Juel N. O., Die Kernteilungen in den Pollenmutterzellen von *Hemerocallis fulva* und die bei derselben auftretenden Unregelmäßigkeiten. (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXX, Jg. 1897.)

[4] Schürhoff P. N., Karyomerenbildung in den Pollenkörnern von *Hemerocallis fulva*. (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. LII, Jg. 1913.)

[5] Strasburger E., Die Controversen der indirekten Kernteilung. (Arch f. mikr. Anat. 1884, Bd. 23.)

Teilungsfähigkeit besitzen, nicht aber läßt sich der Satz umdrehen, daß ein Chromosom mindestens zum Leben notwendig ist. Wenn Kerne mit einem Chromosom imstande sind, sich mitotisch zu teilen, so müßten nach einem analogen Schluß auch auf amitotische Teilungen wieder Mitosen folgen können, denn durch eine einmalige Durchschnürung des Mutterkernes, der angenommen 24 Chromosomen hätte, besitzen die Tochterkerne im günstigsten Falle immer noch je 12, und ein einziges Chromosom genügt ja, wie Juel nachgewiesen hat, Spindelbildung zu veranlassen; doch steht dies mit allen bisherigen Befunden im Widerspruch. Denn wenn mit dem Besitz der chromatischen Substanz die formativen Eigenschaften des Kernes innigst verknüpft wären, ließe sich von diesen Gesichtspunkten aus Amitose überhaupt nicht erklären. Wenn der Kern in die Amitose eintritt, ist er zwar im Besitze seiner vollständigen chromatischen Substanz, doch die an sie gebundenen Eigenschaften kommen nicht zur Geltung und verschwinden, da der Zweck der Amitose in anderer Richtung liegt. Daraus wird auch verständlich, daß in sich amitotisch teilenden Kernen die Chromatinsubstanz nicht vermehrt wird, wie dies Strasburger (l. c.) bei *Chara* und *Nitella* eindeutig festgestellt hat.

Auch die tatsächlichen Befunde stimmen mit der Ansicht Schürhoffs nicht überein. In den unverdickten, milchsaftführenden Bastzellen von *Urtica* konstatierte Kallen (l. c.) zahlreiche Kerne, die durch amitotische Teilungen zustande kommen und in einer zu drei Viertel freipräparierten, verdickten Bastfaser über 160 auf amitotischem Wege entstandene Kerne. Entgegen den Angaben Treubs (l. c.) konnte auch später Buscalioni[1] das Auftreten von Amitosen in den milchsaftführenden Idioblasten von *Urtica* bestätigen. Da Schürhoff die Characeen als Beispiel anführt, so soll auch an diesem Objekt die Unhaltbarkeit seiner Ansicht gezeigt werden. Die Anzahl der Chromosomen beträgt bei *Chara fragilis* nach den Untersuchungen von Debski[2] 24, Strasburger (l. c.) findet etwas weniger und bleibt bei der Zahl 18, die mit der von Goetz[3] aller Wahrscheinlichkeit nach bei *Chara foetida* gewonnenen Zahl, 16—18, im Einklang steht. Bei *Nitella syncarpa* bestimmte sie Strasburger auf 12. Die primäre Internodialzelle teilt sich nicht mehr mitotisch. Ihr Kern beginnt sich alsbald zu strecken, rundet sich ab und macht eine Strukturänderung durch, beginnt sich allmählich durchzuschnüren und auch die so gebildeten Tochterkerne teilen sich weiter amitotisch. Was die Zahl der Kerne anbelangt, wurden genaue Zahlen nie gegeben und nur immer von zahlreichen Kernen gesprochen. Eine von Johow (l. c.) auf Taf. VII, Fig. 61, abgebildete erwachsene, unberindete Blattzelle enthält nicht weniger als 31 Kerne, von denen einige ihrem Aussehen nach im Begriffe stehen, sich weiter zu teilen.

Es war nun auch notwendig, mich von der Anzahl der Kerne in den Internodialzellen zu überzeugen. Zu diesem Zwecke wurde ein kräftiges *Chara*-Exemplar verwendet und eine vollkommen intakte Internodialzelle herauspräpariert, ohne dabei sie zu verletzen, da sonst infolge des hohen Turgordruckes sie sich rasch entleert und dabei die verschiedensten Inhaltsstoffe mitgerissen werden, darunter vielfach Kerne. Dies erreichte ich leicht dadurch, daß ich zuerst die Rindenzellen entfernte, was bei älteren Exemplaren leicht gelingt und die nun der Länge nach isolierte Zelle rasch in heißem Alkohol brachte und dann sie erst von den beiden Nodien trennte. Durch Zusatz einiger Tropfen Salzsäure konnte das anhaftende Kalziumkarbonat leicht gelöst werden. Gefärbt wurde schließlich mit Karmin. In einem Stück von 1 *mm* Länge zählte ich nicht weniger als etwas über 100 Kerne, so daß auf die ganze Zelle, die im vorliegenden Falle etwa 8 *cm* betrug, 6000—8000 Kerne zu rechnen sind. Es ist also die Zahl der Kerne, die durch Amitose gebildet werden können, keine beschränkte und auch in keiner Weise abhängig von der Zahl der Chromosomen.

---

[1] Buscalioni, Observazione e Ricerche sulla cell. veget. (Estratto dall' Annuario del R. Istit. Bot. di Roma. 1898. Vol. VII, Ref. Bot.-Ztg. 1899, p. 276.)

[2] Debsky B., Beobachtungen über die Kernteilung bei *Chara fragilis*. (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXX, 1897.) — Weitere Beobachtungen an *Chara fragilis*. (Jb., Bd. XXXII., 1898.)

[3] Goetz G., Über die Entwicklung der Eiknospe bei den Characeen. (Bot.-Ztg., 1899.)

III. Fragmentation.

Historisches und eigene Untersuchungen.

Über den von Tischler[1] begrenzten Begriff »Fragmentation« schreibt Strasburger (l. c.): »Bevor die Riesenzellen der *Heterodora*-Gallen zugrunde gehen, stellt sich an ihren Kernen ein als chromolytisch bezeichneter Zerfall in Stücke ein, den G. Tischler allein »Fragmentation« nennen möchte. Dieser Vorgang ist gerechtfertigt und ich habe es meinerseits auch vermieden, dort, wo es sich nicht um den Zerfall eines Kernes in Stücke, sondern um seine wirkliche Teilung, wenn auch ohne innere Sonderung, handelt, nicht von Fragmentation zu sprechen. Es ließe sich in der Tat bei der direkten Kernteilung zwischen Kernvermehrung durch Zerfall in Stücke, d. h. Kernzerklüftung oder Fragmentation und Kernteilung ohne mitotische Sonderung oder Amitose unterscheiden.«

Diese Einteilung ist notwendig und auch ich bin ihr gefolgt und habe im Vorhergehenden versucht, die für die Amitose charakteristischen Momente hervorzuheben. Den Begriff der Fragmentation fasse ich jedoch weiter und stelle zu ihr alle jene morphologischen Veränderungen am Kerne, die mit einem Zerfall in Teilstücke enden können, aber nicht Amitose sind. Die Ursachen, die einen solchen Zerfall herbeiführen können, sind verschiedener Natur, in allen Fällen handelt es sich aber um die Schädigung eines Organes der Zelle, die sich durch Veränderungen am Kerne kundgibt. Es gehören also zu ihr, neben dem chromolytischen Zerfall, ebensogut alle durch Organismenwirkung oder aber Hypertrophie hervorgerufenen Veränderungen in bezug auf Form und Gestalt der Kerne, desgleichen die bei einigen Pflanzen auftretenden amöboiden Kernveränderungen, von denen noch im folgenden die Rede sein wird, kurz alle jene uns bekannten oder derzeit noch unbekannten Einwirkungen auf den Kern, die ihn zu Veränderungen seiner Gestalt oder zum Zerfall veranlassen.

---

[1] Tischler G., Über die *Heterodora*-Gallen an den Wurzeln von *Circaea lutetiana* L. (Ber. d. D. bot. Ges., 1901.)

Die *Tradescantia*-Arten sind wiederholt wegen der besonders in den Stengelparenchymzellen auftretenden Kernformen ein beliebtes Untersuchungsobjekt gewesen. Die ältere Ansicht, daß es sich hierbei um Amitosen handelt, muß jetzt, dank der Untersuchungen Schürhoff's (l. c.) als überholt angesehen werden, wenngleich man auch schon früher vielfach diesen Vorgang nicht auf dieselbe Stufe mit den Amitosen bei den Characeen gestellt hat. Bei der Untersuchung einiger *Tradescantia*-Arten bemerkte ich, daß meine Befunde nicht in allen Punkten mit denen Schürhoffs übereinstimmen und ich fühle mich daher veranlaßt, sie im folgendem mitzuteilen.

Johow[1] untersuchte *Tradescantia virginica, T. subaspera, T. Sellowi* und *T. zebrina* und fand Fragmentation im Stengel, ferner in den Staubfadenhaaren. In den letztgenannten findet sie sich nach Nathansohn[2] bei *T. virginica* in den basalen Zellen. Über mehrkernige Zellen bei *T. hypophaea* liegt eine Angabe von Treub (l. c.) vor. Schon Johow beobachtete, daß die Trennung der oft mannigfach gelappten und eingeschnürten Kerne nicht immer eine vollständige ist, sondern daß oft noch die Teilstücke miteinander in Verbindung stehn. Doch fand er auch zerteilte Kerne. Die Anzahl der Teilstücke ist nicht konstant. Zimmermann (l. c.) und Strasburger (l. c.) finden ebenfalls die mannigfachsten Formen, bemerken aber weiter, daß eine vollständige Trennung der Teilstücke und mithin auch mehrkernige Zellen selten, aber doch vorhanden sind. Schürhoff (l. c.) bestreitet jedoch eine tatsächliche Teilung und will auch nie Teilkerne in ein und derselben Zelle gefunden haben, weder an lebendem Material, noch an fixiertem. Ich konnte jedoch bei drei Spezies unzweideutig mehrkernige Zellen nachweisen.

Tradescantia virginica.

Untersucht wurden ältere kraftige Stengelstücke, die zu einer Zeit gesammelt wurden, wo die Pflanzen in vollster Blute standen.

Die vielfach beschriebenen Kernformen von traubigem Aussehen, wobei die einzelnen Teilstücke durch bandförmig ausgezogene Verbindungsstücke miteinander im Zusammenhang stehen, bekam ich in großer Menge zu Gesicht. Doch fand ich auch Zellen, wenngleich selten, in denen die Trennung der Teilstücke eine vollständige war.

Tradescantia zebrina.

(Taf. I., Fig. 1.)

Von dieser Spezies diente ein kräftiger Sproß zur Untersuchung. Um gleichzeitig ein Bild zu gewinnen, in welchem Stadium der Entwicklung die Fragmentation auftritt, wurden vom Scheitel beginnend die aufeinanderfolgenden Internodien und Nodien untersucht.

In den ersten zwei Internodien traten unregelmäßig konturierte Kerne nur vereinzelt auf. Vom vierten an war ihr Auftreten reichlich, ihre Formen sehr mannigfaltig (Fig. 1a). Der Kern ist entweder in der Mitte mehr oder minder gleichmäßig eingeschnürt, oft die beiden Teilstücke nur noch durch ein dünnes Band miteinander im Zusammenhang, das aber nie bedeutende Länge erreicht. Die Kerne enthalten nur einen Nukleolus. Wird der Kern durchgeschnürt, tritt eine Vermehrung des Nukleolus nicht ein, so daß ein Teilstück regelmäßig keinen Nukleolus führt. Auch bei fast vollständiger Trennung blieben die Verhältnisse dieselben. Bei *T. virginica,* deren Kerne zahlreiche Kernkörperchen besitzen, ließ sich keine Gesetzmäßigkeit in Bezug auf deren Aufteilung auf die Tochterkerne konstatieren. Vereinzelt fanden sich auch bei *T. zebrina* Zellen, in denen zwei Kerne vorhanden waren und immer war einer von ihnen ohne Nukleolus. Fig. 1b zeigt zwei Kerne, die vollständig voneinander getrennt sind und an den einander zugewendeten Seiten lassen sich noch kleine Höcker erkennen, an denen das nunmehr gerissene und von den Kernen eingezogene Verbindungsstück ansetzte.

---

[1] Johow Fr., Untersuchungen über die Zellkerne in den Sekretbehältern und Parenchymzellen der höheren Monokolyten. (Inaug. Diss., Bonn 1880.)

[2] Nathansohn A., Physiologische Untersuchungen über amitotische Kernteilung. (Inaug. Diss., Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 35., 1900. Heft 1.)

Tradescantia viridis.

Das Auftreten der Fragmentation wurde an einem etwa 75 *cm* langen, kräftig entwickelten Sprosse verfolgt. Es zeigte sich im wesentlichen dasselbe wie bei *T. zebrina,* daß sie nämlich erst dann häufig auftritt, wenn die Zellen ihre definitive Größe und Gestalt erlangt haben. Die Kernformen sind oft sehr absonderlich, meist sehr unregelmäßig eingeschnürt und gelappt. Herr Oberinspektor F. Pfeiffer v. Wellheim hatte die Liebenswürdigkeit, mir sein zahlreiches Material zur Durchsicht zur Verfügung zu stellen, wofür ich ihm zu großem Dank verpflichtet bin. Das Vorhandensein zweikerniger Zellen ließ sich unzweideutig feststellen. Die Kerne enthalten 1—2 Nukleolen. Auch hier fand ich, daß oft ein Teilkern keinen Nukleolus enthielt, in anderen Fällen jeder Teilkern je einen, je nachdem ob der Mutterkern nur einen oder zwei besaß.

An drei Objekten konnte ich zeigen, daß durch Fragmentation mehrkernige Zellen gebildet werden können und es bleibt noch die Frage zu entscheiden, wie diese Erscheinung physiologisch zu deuten wäre, ob es sich um einen lebenskräftigen Vorgang oder um eine Alterserscheinung[1] handelt. Für letzteres trat anfangs Strasburger[2] ein, der in der Fragmentation einen eigenmächtig am Zellkern sich abspielenden Vorgang erblickt, der erst dann eintritt, wenn das umgebende Protoplasma seinen Einfluß nicht mehr geltend machen kann und der Kern infolgedessen seinen eigenen Gestaltungstrieben folgt. Neuere Untersuchungen (l. c.) bewogen ihn zu anderer Ansicht: »Somit sind es auch in den Gewebezellen der *Tradescantia* und wohl auch anderer Phanerogamen, lebenskräftige Kerne, die sich amitotisch teilen, doch mit dem Unterschied von den Internodialkernen der Characeen, daß es bei ihrer Durchschnürung sich um einen sekundären und nicht um einen primären, in den Entwicklungsgang hineingehörenden Vorgang handelt.« Daß bei *Tradescantia* kein seniler Prozeß vorliegen könne, folgert Strasburger daraus, daß Fragmentation auch in jugendlichen Zellen üppig wachsender und blühender Pflanzen anzutreffen ist.

---

[1] Wenn hier und im folgenden von Alterserscheinungen oder kurz von Alter die Rede ist, so ist das im Sinne von Doflein (Das Problem des Todes und der Unsterblichkeit bei den Pflanzen und Tieren. Breslau, 1919) zu verstehen, der in den Alterserscheinungen Anzeichen gesunkener Lebenskraft erblickt.

[2] Strasburger E., Einige Bemerkungen über vielkernige Zellen und über die Embryogenie von *Lupinus*. (Bot. Ztg., 1880, Jg. 38.)

Dennoch schließe ich mich der ersteren Ansicht an. Solange nämlich die Zellen im Wachstum begriffen sind, trifft man Fragmentation höchst selten an. Sind die Zellen aber ausgewachsen, ist sie eine häufige Erscheinung, sie nimmt mit dem relativen Alter zu. Der Umstand, daß die ganze Pflanze jung und lebenskräftig ist, ist kein Grund dafür, annehmen zu dürfen, daß diese Eigenschaften auch allen Teilen der Pflanze zukommen müssen. Ich habe bei *Sambucus* das Verhalten der Kerne des Markes, also eines Gewebes, das dem Stengelparenchym der Monokolyten am nächsten steht, in ihrer Entwicklung verfolgt und gefunden, daß dort das Altern und eine damit verbundene vollständige Desorganisation der Kerne in unglaublich frühen Abschnitten der Entwicklung einsetzt, während die ganze Pflanze in der Vollkraft ihrer Entwicklung stand und üppigst vegetierte.

Das Auftreten von Mitosen normalerweise oder auf den durch Verwundung hervorgerufenen Wundreiz hin bei *Tradescantia* war für Schürhoff (l. c.)[1] ein Hauptmoment, das gegen die Annahme von Amitosen sprach. Denn sonst wäre das Auftreten von Mitosen sehr verwunderlich, haben wir doch gesehen, daß der Kern, wenn er in die Amitose eintritt, seine mitotische Teilungsfähigkeit eingebüßt hat. Sind es aber nur amöboide Veränderungen, die der Kern durchlauft, so steht einer mitotischen Teilung nichts im Wege.

Fragmentation der Kerne, die der bei den *Tradescantia*-Arten vorkommenden ziemlich ähnlich ist, fand ich bei

Funkia sp.

(Tafel I, Fig. 3.)

Die nachfolgenden Angaben beziehen sich auf die Kerne der Parenchymzellen des Blattstieles. Sie enthalten mehrere Kernkörperchen von wechselnder Größe. Kerne mit unregelmäßigen Konturen, mit Einkerbungen, Einschnürungen oder Einbuchtungen oder anderen bekannten Formen finden sich nicht selten. Die Einschnürung geht oft sehr weit, so daß der Kern in zwei oder seltener mehr Teilstücke zerlegt wird, die aber immer noch, wenn auch oft nur durch sehr zarte Verbindungsfäden, zusammenhängen. Das Verbindungsstück ist hyalin, ohne jede gröbere, körnige Struktur und nur schwach tingierbar. Die Teilstücke selbst zeigen öfter ebenfalls amöboide Gestalt. Ihre Größe ist sehr verschieden, annähernd gleich, zuweilen sind es jedoch nur ganz kleine Partien von Kernsubstanz, die sich vom Mutterkerne entfernen und mit ihm nur durch einen dünnen Verbindungsfaden im Zusammenhang sind. Die Aufteilung der Nukleolen auf die Tochterkerne ist keine gleichmäßige, je nachdem wo die Einschnürung einsetzte. So kommt es, daß einer oder der andere direkt im Verbindungsfaden zu liegen kommt, wo er dann merklich längsgestrekt sofort durch seine starke Tingierbarkeit auffällt. Ein Zerreißen der Verbindungsfäden und damit verbundene vollständige Trennung der Teilstücke war mir bis jetzt nicht möglich anzutreffen, obwohl ich es auf Grund meiner anderen Befunde nicht für ausgeschlossen halte. Weitere Untersuchungen werden darüber Aufschluß geben. Doch dürfen wie in Fig. 3a abgebildete Stadien nicht zu Irrtümern Anlaß geben.

---

[1] Schürhoff P. N., Amitosen von Riesenkernen im Endosperm von *Ranunculus acer.* (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 55, Jg. 1915.)

Fragmentation wurde ferner beobachtet im Marke alter Stengel von *Impatiens Balsamina.* (Taf. I, Fig. 7.) Ihr Auftreten ist gerade nicht selten. Eine · vollständige Durchschnürung ließ sich nicht nachweisen.

Desgleichen fand ich sie im peripheren Parenchym kräftiger etiolierter Triebe von *Solanum tuberosum* (Taf. I, Fig. 4 u. 5), wo sie in einer oft mächtigen Ansammlung von transitorischer Stärke eingebettet liegen. Eine effektive Zerteilung in Teilstücke konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden.

Ob es sich bei den im Parenchym der Wurzel von *Beta vulgaris* (Taf. I, Fig. 8) beobachteten Kernformen um Fragmentation handelt, darüber bin ich im Zweifel. Da sie nämlich von den normalen Kernen dnrch ihre bedeutende Größe abweichen, daß ferner diese Kerne zwei Nukleolen enthalten, respektive jedes Teilstück je einen und eine Teilung der Nukleolen bei Fragmentation nicht stattfindet, ist der Gedanke an eine Kernverschmelzung nicht von der Hand zu weisen. Es enthalten zwar auch normalerweise Kerne zwei Nukleolen (Taf. II, Fig. 15), doch ist dies ein seltener Fall.

Im Wassergewebe ganz alter Blätter von *Aloe vulgaris* (Taf. I, Fig. 6) kommt Kernfragmentation neben den noch im folgenden zu besprechenden Kernvakuolen ziemlich häufig vor. Die Trennung der Teilstücke ist oft eine vollständige, oft hängen sie noch an einer Stelle zusammen oder es sind die Kerne eingeschnürt und vielfach zerklüftet. Die Verfolgung der Entwicklung der Blätter lehrte, daß Fragmentation nur in älteren Blättern häufig auftritt, in jüngeren nur ab und zu.

Tropaeolum majus.

(Taf. I, Fig. 2.)

Einer Angabe Strasburgers (l. c.) zufolge sollen die Kerne des Markes von *Tropaeolum* und *Nicotiana* kurz vor ihrer Auflösung in Teilstücke zerfallen, so daß zweikernige Zellen unter solchen eingestreut liegen, deren Kerne bereits aufgelöst sind, dies jedoch nur in ganz alten Stadien. Ich habe wiederholt von einer Reihe von *Tropaeolum*-Exemplaren die ältesten Stengelstücke untersucht, aber weder Zellen mit mehreren Kernen, noch solche, deren Kerne bereits aufgelöst sind, zu Gesicht bekommen.

Die Gattung *Tropaeolum* wird in den Gärten in vielen Spielarten gezogen und es scheint mir daher nicht unwahrscheinlich, daß sie auch in ihrem feineren Aufbau sich nicht gleich verhalten und Verschiedenheiten aufweisen, so daß Strasburgers und meine Befunde sich nicht decken. Das vor Auflosung der Kerne oft ein Zerfall einsetzt, darüber berichtet Strasburger[1] auch an einer anderen Stelle.

Um mir Gewißheit darüber zu verschaffen, wie die Verhältnisse im Laufe der ganzen Entwicklung der Pflanze liegen und welche Veränderungen die Kerne des Markes im Alter erleiden, untersuchte ich einen etwa 110 *cm* langen Sproß, dem in Abständen von 1 (I), 2 (II), 5 (III), 10 (IV), 20 (V), 30 (VI), 40 (VII), 60 (VIII), 80 (IX), 100 (X) und 110 (XI) *cm* vom Scheitel an gerechnet, einzelne Partien entnommen wurden, so daß sich auf diese Art alle Veränderungen, die sich eventuell am Kerne abspielen, und deren Übergänge nachweisen lassen mußten.

Die Kerne enthalten meist nur ein Kernkörperchen, dessen Gestalt, Form und Größe wechselnd ist, außerdem zahlreiche kleine, stark färbbare Körnchen, auf die auch Molisch (l. c.) in anderem Zusammenhang verweist.

Bei *Tropaeolum* tritt analog wie bei *Tradescantia* Fragmentation erst dann in reichlicher Menge auf, wenn die Zellen vollkommen ausgewachsen sind. Die amöboiden Kernformen sind allerdings nicht von der Menge und Mannigfaltigkeit wie bei dieser.

Da bei *Tropaeolum* das Mark selbst bis ins späteste Alter am Leben bleibt und seinen saftigen Charakter bewahrt, ist dadurch eine Vorbedingung für das Zustandekommen amöboider Kernveränderungen gegeben; desgleichen bei den anderen Objekten, wo sie gefunden wurde. Es ist nun von Interesse, welches Verhalten die Kerne in einem Gewebe zeigen, das binnen kurzem abstirbt und zwar zu einer Zeit, wo die ganze Pflanze noch in vollem Wachstum steht. Zu diesem Zwecke wurde *Sambucus* gewählt. Während die ganze Pflanze noch jugendlich ist, also von Alterserscheinungen äußerlich nichts erkennen läßt, trifft dies für das Mark des Stammes nicht zu, das nur eine sehr begrenzte Lebensdauer hat.

---

[1] Strasburger E., Über den Teilungsvorgang der Zellkerne und das Verhältnis der Kernteilung zur Zellteilung. (Arch. f. mikr. Anat., Bd. 21.)

Untersuchtes Stengelstück	Verhalten der Kerne im Marke	Anmerkung
I.	Kerne mit unregelmäßiger Umgrenzung nur vereinzelt (Fig. 2a).	
II.		Einsetzen eines stärkeren Längenwachstums der Zellen.
III.—IV.	Kerne vielfach gestreckt (oft spindelförmig), selten gelappt, gekerbt oder eingeschnürt. Kerne mit fädigen Fortsätzen vorhanden, an denen Plasmafäden ansetzen. Kernvolumen hat etwas zugenommen (Fig. 2b). Fragmentation selten.	Starkes Längenwachstum der Zellen, mit dem die Kernformen im Zusammenhang stehen.
V.	Kerne nehmen zum größten Teil wieder rundliche Formen an. Fragmentation selten.	
VI.—VII.	Fragmentation reichlich. Besonders spindelförmige Kerne davon betroffen. Eine vollständige Trennung der Teilstücke nicht vorhanden (Fig. 2c).	
VIII.—X.	Kerne und Nukleolen nehmen an Volumen ab (Fig. 2d). Sonst wie VI.—VII Die auftretenden Fragmentationsbilder sind fixierte Zustände früherer Stadien, da der Kern seine leichte Veränderlichkeit eingebüßt und zähere Konsistenz besitzt.	
XI.	Kerne durchwegs im Wandbelag, stark färbbar, körnige Struktur, Chromatin oft zusammengeballt (Fig. 2d).	Zellen mit Zerfallsprodukten von Kernen oder überhaupt ohne Kerne nicht vorhanden.

Sambucus nigra.

Von einem kräftigen, noch im Wachsen befindlichen Triebe wurden die ersten acht aufeinanderfolgenden Internodien untersucht und nur auf die Kerne des Markes Gewicht gelegt. Ihre Gestalt ist im allgemeinen rundlich, seltener schwach elliptisch. Nukleolen meist ein großer und bis drei kleinere vorhanden. Die Markzellen des an den Gefäßteil angrenzenden Teiles zeigen ein anderes Verhalten als die zentral gelegenen, weshalb sie getrennt von diesen besprochen werden müssen.

Untersuchtes Internodium	Zentraler Teil des Markes	Peripherer Teil des Markes
1.	Kerngröße im Durchschnitt 27 μ × 19·5 μ. Zellen enthalten viel Plasma und zahlreiche verstreut liegende Plastiden.	
2.	Kerne nehmen an Größe zu (31·5 μ × 20·5 μ), desgleichen die Nukleolen. Hängt mit dem Wachstum der Zellen zusammen.	
	Plastiden weniger reichlich, in der Zelle verstreut, Kern übt keine anziehende Wirkung auf sie aus.	Plastiden reichlich, zum Teil um den Kern gelagert.
3.	Kerne verlieren an Substanz, sind schwächer färbbar. Abnahme der Nukleolarsubstanz.	Wie bei 2.
4.	Bedeutende Volumsabnahme der Kerne (10·5 μ × 8·2 μ). Plastiden sind verschwunden. Kerne stärker tingierbar, ihr Gerüst grobkörnig.	Volumsabnahme nicht so stark wie im zentralen Teil (14·5 μ × 13·2 μ). Kerne von Plastiden umgeben. Abnahme der Nukleolarsubstanz. Gerüst der Kerne grobkörnig.
5.	Kerngröße 8·4 μ × 6·5 μ.	Kerngröße 14·5 μ × 12·4 μ. Vereinzelte Plastiden noch um die Kerne.
6	Kerngröße 6·4 μ × 5·4 μ. Kerne bereits abgestorben und eingetrocknet.	Kerngröße 13·2 μ × 10·2 μ. Plastiden verschwunden.
7. 8.	Wie bei 6.	Wie bei 6. Vereinzelt sind noch Nukleolen nachweisbar.

Daß die Zellen des peripheren Markteiles nicht so rach zugrunde gehen, führe ich darauf zurück, daß sie in der Nähe der Wasserleitungsbahnen liegen, denen sie osmotisch Wasser entziehen können und so länger am Leben bleiben als die des zentralen Teiles, die alsbald vollständig eintrocknen und sich mit Luft füllen. Die Schädigung der Kerne läßt sich schon im 3. Internodium konstatieren und wird eingeleitet durch Substanzverlust.

Wenn bei dikotylen Pflanzen amöboide Kernveränderungen seltener auftreten, als bei monokotylen, so ist der Grund dafür wohl darin zu suchen, daß zumeist die Bedingungen dafür bei diesen nicht gegeben sind. Das Stengelparenchym der Monokotylen, in dem sie sich vornehmlich finden, bewahrt bis in das späteste Alter seinen saftigen Charakter, während das ihm entsprechende Gewebe der Dikotylen, nämlich das Mark, schon frühzeitig abstirbt und eintrocknet und so der Wassermangel in erster Linie dafür verantwortlich gemacht werden muß. Tritt ein solcher jedoch nicht ein, wie z. B. bei *Tropaeolum, Impatiens* u. a., so wird man nach meiner Meinung meist nicht vergebens nach ihnen suchen.

IV. Vakuolisierung der Kerne.

Historisches.

Beobachtungen über das Vorkommen von Vakuolen in Zellkernen wurden nur vereinzelt gemacht und diese interessante Erscheinung wurde noch nie im Zusammenhang behandelt. Kallen (l. c.) fand vakuolisierte Kerne vereinzelt im Marke von *Urtica urens*, desgleichen in alten unverdickten Holzparenchymzellen. Auch in ganz alten Bastfasern traf er Kerne an, die eine oder mehrere Vakuolen enthielten, die sich ausdehnen, schließlich platzen und so den Kern in zwei oder mehrere Teilstücke zerlegen. Die sich darauf beziehenden Abbildungen (Fig. 23—30), speziell Fig. 27, machen dies sehr wahrscheinlich. Dieser Annahme steht jedoch Zimmermann (l. c.) skeptisch gegenüber. Das Auftreten von Vakuolen in Kernen bei *Tropaeolum* wird von Strasburger (l. c.) als Desorganisationserscheinung aufgefaßt. Johow (l. c.) hingegen, der sie in den Kernen von *Hyacinthus* häufig feststellen konnte, sagt darüber in einer Fußnote: »Ebensowenig kann das Auftreten vakuolenartiger Hohlräume im Zellkerne als Beleg für eine solche Annahme (Desorganisation) gelten; wäre ja doch nicht einzusehen, warum der Zellkern als ein Glied des Protoplasmakörpers einem Kriterium unterliegen sollte, welches auf das übrige Protoplasma keine Anwendung findet.« Ferner liegt eine Angabe von Johow (l. c.) vor, wonach in alten Blättern und Internodien von *Anthurium* die Kerne der Raphidenschläuche oft in der Mitte eine große Vakuole oder ein Loch besitzen, so daß sie von der Fläche gesehen ringförmig erscheinen. Ähnliches ergab sich in den Raphidenschläuchen von *Tradescantia*, daß nämlich mit zunehmendem Alter das Substrat der Kerne immer mehr aufgelockert wird, ja selbst vakuoliges oder schaumiges Aussehen erhält. Fr. Schwarz[1] konnte letztere Angaben nicht bestätigen und sieht darin Kunstprodukte, die durch die von Johow (l. c.) zur Mazeration verwendete Kalilauge zustande gekommen sind. Bei *Chara* wurden Vakuolen zuerst von Schmitz (l. c.) gefunden, und zwar in den Kernen älterer Rindenzellen. Durch Ausdehnung kann die Vakuole platzen und die Kernsubstanz durchbrechen. Dieser Befund wurde dann von Johow (l. c.) bestätigt und erweitert und ihr Vorkommen bei *Chara foetida* wenn auch nicht häufig »in der Berindung von Stamm und Blatt, ferner in den Rhizoiden und dem ersten Glied der Vorkeime« festgestellt. Ihre Anzahl und Größe ist verschieden. Gegen die Grundsubstanz sind sie durch eine sich dunkler färbende Hautschicht abgegrenzt.

Bei der Untersuchung der Gefäßbildung in gequetschten Wurzeln von *Pisum sativum* fand Němec[2], daß mit zunehmender Differenzierung der Gefäße das Cytoplasma allmählich schwindet, der Kern substanzärmer wird, bis schließlich Nukleolus und der strukturierte Kerninhalt vollständig verschwinden. »Das letzte Stadium bildet ein blasenförmiger Kern mit homogenem, nicht tingierbarem Inhalt innerhalb der derben Membran.... In einigen Fallen, wo die blasenförmigen Kerne noch einen Nukleolus enthielten, deuteten einige Bilder darauf hin, das derselbe aus dem Kerne, der jetzt den Eindruck einer Vakuole macht, ausgestoßen wird«

---

[1] Frank Schwarz, Die morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas. (Cohns Beitr. z. Biologie d. Pfl., 5. Bd., 1892.)

[2] Němec B., Über Degeneration der Zellkerne. (Bulletin international de l'Académie des Sciences de Bohême 1910. Sep. Abdr. p. 6.)

Fassen wir die Ergebnisse vorliegender Angaben zusammen, so ergibt sich, daß das Auftreten von Vakuolen in den Kernen durchwegs in ausgewachsenen Zellen stattfindet, vielfach von sehr alten Zellen beschrieben wird. Ob diese Erscheinung Zeichen einer Desorganisation ist, darüber herrscht Meinungsverschiedenheit. Durch Ausdehnung können die Vakuolen platzen und dadurch die Kernsubstanz zerklüften.

Kernvakuolen von ganz eigener Art wurden von Molisch (l. c.) beschrieben, die mit den angeführten Fällen jedoch nur wenige Analogien aufweisen. Es liegt nämlich hier nicht die Vakuole in der Kernsubstanz selbst, sondern sie schiebt sich zwischen dieser und der Kernmembran ein, so daß der Kern von einer großen Saftblase umgeben scheint, die von einem zarten Häutchen, der gedehnten Kernmembran, umgeben ist und so die Vakuole von dem Protoplasma trennt. Molisch nennt diese Kerne Blasenkerne. Die Kernsubstanz liegt entweder mehr oder minder zentral in dem Saftbläschen oder oft auch der Vakuolenwand direkt an. Im Milchsaft von *Musa chinensis* treten sie häufig auf, weniger reichlich bei *Musa Ensete*, bei Aroideen und bei *Humulus Lupulus*. Der Inhalt des Saftbläschens dürfte ein lösliches Eiweiß sein, da sowohl bei *Musa* als auch bei *Philodendron* im Saftraum der Kerne Eiweißkrystalle vorkommen können und außerdem besitzt diese Flüssigkeit hohen osmotischen Wert, wie einschlägige Versuche gelehrt haben. Die Bildung von Randvakuolen ließ sich auch künstlich bei Kernen von *Clivia* herbeiführen, wenn man sie in destilliertes Wasser brachte. In dieser Richtung liegen auch Untersuchungen von Fr. Schwarz vor. In Chloroplasten, die in Wasser liegen, können Vakuolen entstehen, so daß sie schließlich in einen Blasenhaufen verwandelt werden. Auch Zellkerne quellen unter der Einwirkung von Wasser und dabei können ebenfalls Vakuolen entstehen, doch bilden sie sich immer an der Peripherie des Kernes. Was den Stoff anlangt, der in die Vakuolen übergeht, nimmt Fr. Schwarz an, daß es das Paralinin, die sogenannte Grundsubstanz des Kernes sei, daß aber dabei auch noch die übrigen im Kerne vorkommenden Substanzen teilnehmen können. Bei Anwendung von Fällungsmittel entsteht tatsächlich in den Vakuolen ein feiner Proteinniederschlag.

Eigene Untersuchungen.

Bei einer Reihe von Pflanzen ist es mir gelungen, das Auftreten von Vakuolen in den Kernen festzustellen.

Solanum nigrum.

(Taf. II, Fig. 17.)

Das Auftreten von Vakuolen in den Kernen wurde im Markparenchym beobachtet. Sie sind in der Regel nur in der Einzahl vorhanden und können in manchen Fällen bedeutende Größe erlangen. Ihre Gestalt ist mehr oder minder rund. Die der Vakuole anliegenden Partien der Kernsubstanz zeichnen sich durch ein dichteres Gefüge aus und sind demnach stärker tingierbar als die mehr gegen die Peripherie gerückten Teile, eine Erscheinung, die ich auch bei anderen Objekten finden konnte. Oft liegen die Vakuolen der Kernmembran sehr stark genähert, so daß nur eine ganz dünne Lamelle zwischen ihr und dem umgebenden Plasma vorhanden ist. Der Nukleolus, der immer in der Einzahl vorhanden ist, ist an keine bestimmte Lage innerhalb der Kernsubstanz gebunden.

Lactuca sativa.

(Taf. II, Fig. 13.)

Bei diesem Objekt fand ich sie ebenfalls im Marke, im Rindenparenchym fehlen sie. Sie sind sehr selten. Die Lage der Vakuolen ist bald zentral, bald mehr exzentrisch, sie bleiben meist klein und überschreiten selten die Größe des halben Kerndurchmessers. Die Nukleolen, bis zu drei in einem Kern, liegen zumeist in dem breiteren, durch die Vakuole gebildeten Teil der Kernsubstanz.

Prunus domestica.

(Taf. II, Fig. 14.)

Die Kerne des Fruchtfleisches sind ab und zu vakuolisiert, doch bleiben auch hier die Vakuolen meist klein.

Die untersuchten Früchte waren noch nicht reif, grün und noch nicht ausgewachsen.

Beta vulgaris.

(Taf II, Fig. 15)

Kerne mit Vakuolen sind in den saftigen parenchymatischen Zellen der ausgewachsenen rübenförmigen Wurzel nicht selten. Ihre Größe kann oft ziemlich bedeutend werden. Selten sind zwei vorhanden, die dann meist klein bleiben, und wenn einander stark genähert, nur noch durch ein zartes Häutchen getrennt sind. Es scheint nicht ausgeschlossen, daß durch ihr Verschmelzen eine große Vakuole gebildet werden kann. Bei vereinzelten Kernen wird der Nukleolus rein mechanisch in den Hohlraum hineingedrängt und ragt dann oft bis zu seiner Hälfte in diesen hinein.

Prunus armeniaca.

(Taf. II, Fig. 9.)

Eine Vakuolisierung der Kerne in einem Ausmaße und einer Reichlichkeit, wie sie wohl selten anzutreffen sein dürfte, fand ich im Parenchym des Fruchtfleisches vor. Zur Untersuchung gelangten Früchte, die eben zu reifen begonnen hatten, bereits also eine gelbliche Farbe hatten, immerhin aber noch ein sehr festes Zellgefüge aufwiesen.

Die Kerne liegen zum Teil der Zellwand an, oft aber sind sie von einer großen Zahl mitunter sehr mächtiger Plasmastränge in der Mitte der Zelle suspendiert und selbst von einer großen Plasmaansammlung umgeben (Taf. II, Fig. 10). Die Größe und Gestalt der Kerne ist schwankend, doch weichen die vakuolisierten von den normalen was Größe anlangt, nicht sonderlich ab. Die Nukleolen sind meist in der Einzahl. Die Art der Vakuolisierung ist von großer Mannigfaltigkeit. Oft zeigen die Kerne in ihrem Inneren bloß eine einzige Höhlung. Von kleinen Vakuolen, die als Anfangsstadien anzusehen sind bis zu solchen, die so weit gehen, daß sie fast den ganzen Kern erfüllen, kommen alle Übergänge vor.

Die ganze Masse der Kernsubstanz ist in die zuweilen sehr dünn gewordene Randzone zusammengedrängt. Daß dem so ist, läßt sich leicht dadurch zeigen, daß mit der Größenzunahme der Vakuole auch die Tingierbarkeit der Randzone zunimmt. Von viel größerem Interesse sind die Kerne, die zwei oder mehrere Vakuolen führen. Zuerst sind sie klein, unregelmäßig im Kern zerstreut, von verschiedener Größe und gegenseitig sich mehr oder minder genähert. Allmählich vergrößern sie sich, stoßen aneinander und platten sich gegenseitig ab, da die zwischen ihnen liegende oft zu einer sehr dünnen Lamelle ausgedehnte Kernsubstanz ihr Ineinanderfließen verhindert. Am häufigsten sind zwei große Vakuolen, doch gesellen sich gerne zu diesen noch einige weitere, jedoch kleine hinzu. Oft kann man auch finden, daß sie dort, wo sie in größerer Zahl vorkommen, die Kernmembran nach außen hin blasenförmig auftreiben und der Kern dadurch seine sonst immer beibehaltene regelmäßige Gestalt verliert. Jeden dieser vorspringenden Höcker füllt eine Vakuole aus. Zuweilen kamen mir auch Kerne unter, die nur noch eine minimale Menge von Kernsubstanz besaßen. Sie bestanden fast nur aus Vakuolen, die sich gegenseitig stark abplatteten und von zarten Häuten umspannt wurden.

In Kernen mit bloß einer Vakuole findet man, falls sie exzentrisch liegt, den Nukleolus im breiteren Teile des Randsaumes, ist dieser aber gleichbreit, ragt er oft ein wenig in den Hohlraum hinein — doch kommt dies auch in anderen Fällen vor — oder er ist kappenförmig abgeplattet. Sind zwei oder mehrere vorhanden, liegen sie dort, wo sich größere Ansammlungen von Kernsubstanz gebildet haben.

Da durch starke Ausdehnung des Vakuoleninhaltes, der von dem den Kern umgebenden Protoplasma oft nur durch eine sehr zarte Membran noch getrennt ist, auch diese noch weiter ausgedehnt wird, ist es von vornherein nicht von der Hand zu weisen, daß sie schließlich zerreißt und so der Kern zerklüftet wird. Doch habe ich vergeblich nach Bildern gesucht, die dies hätten zeigen können und vielleicht können noch ältere Stadien darüber Aufklärung verschaffen.

Fr. Schwarz (l. c.) kam auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß durch Quellung in destilliertem Wasser die Chloroplasten in ihrem Inneren Vakuolen bilden, so daß sie oft wie Blasenhaufen aussehen, bei Kernen gelang dies jedoch nie in solchem Ausmaß. Im vorliegenden Falle erwecken zahlreiche Kerne tatsächlich diesen Eindruck und weisen gewisse Ähnlichkeiten mit den von Fr. Schwarz auf Taf. I abgebildeten Chlorophyllkörnern auf. Daß auch hier osmotisch wirksame Stoffe maßgebend sind, scheint mir nach allen Beobachtungen sehr wahrscheinlich und es ist merkwürdig, daß vakuolisierte Kerne nur dort auftreten, wo die Zellen auch bis in ihr spätes Alter ihren saftigen Charakter bewahrt haben.

Funkia sp.

(Taf. II, Fig. 16.)

Neben der schon früher besprochenen Fragmentation kommen im Parenchym des Blattstieles zuweilen auch vakuolisierte Kerne vor. Sie sind nicht häufig und die Vakuolen immer in der Einzahl, ihre Größe nicht bedeutend. Rücken sie stark an die Pheripherie des Kernes heraus, so kann es leicht vorkommen, daß die Kernsubstanz von ihnen durchbrochen wird und sie nun direkt an das Plasma angrenzen. In dieses ragen sie dann oft bis zu ihrer Hälfte hinein, sind aber immer von einem zarten hyalinen Häutchen umgeben, das durch seine Lichtbrechung hervortritt und sich auch schwach färben läßt. Die Vakuole dürfte auch, so lange sie noch allseits von Kernsubstanz umschlossen ist, von einer zarten Membran umgeben sein, wodurch es auch verständlich wird, daß in den Hohlraum nie andere Bestandteile des Kernes, wie Chromatinkörnchen oder Nukleolen hineingelangen können, es sei denn, daß letztere mechanisch hineingedrängt werden. In jenen Fällen, wo die Vakuole die Kernsubstanz durchbricht, hinterläßt sie am Kern eine kreis- respektive kugelsegmentförmige Einbuchtung, die auch dann noch erhalten bleibt, wenn die Vakuole platzt. Dadurch kommen henkel- oder sichelartig gekrümmte Kerne zustande, an denen die regelmäßig konturierte Einbuchtung noch den Sitz der ehemals vorhandenen Vakuole erkennen läßt.

Zuweilen schien es mir, auch bei den anderen besprochenen Objekten, als ob im Inneren der Vakuolen ein feinkörniger Niederschlag sich befände, der auf Eiweißsubstanzen hinweist, die durch die Fixierung ausgefällt wurden.

Aloe vulgaris.

(Taf. II, Fig. 11, 12.)

Da bei dieser Pflanze die vakuolisierten Kerne im Wassergewebe der Blätter vorkommen, war es leicht möglich, an ein- und demselben Exemplar die Entwicklung der Kerne zu verfolgen, ob die Vakuolenbildung schon frühzeitig auftritt oder aber erst in ganz alten Stadien und ob sie analog des einen Falles der Fragmentation eine Alterserscheinung ist. An einem kräftigen Exemplare wurden alle Altersstadien der Blätter untersucht.

In den zwei jüngsten Blättern zeigten die Kerne des Wassergewebes völlig normales Aussehen und führten mehrere Nukleolen. Aber schon im dritten Blatte, das noch nicht ausgewachsen war, traten vereinzelt Vakuolen in den Kernen auf. Je ältere Blätter untersucht wurden, desto häufiger waren sie zu finden. Fast durchwegs kommt nur eine einzige in jedem Kerne vor, seltener sind zwei und mehr wurden überhaupt nicht beobachtet. Die um die Vakuole liegenden Partien der Kernsubstanz zeichnen sich auch bei diesem Objekt durch ihre stärkere Tingierbarkeit aus. In ganz alten Blättern fällt auf, daß eine weitere Zunahme derartiger Kerne nicht mehr stattfindet, im Gegenteil, sie scheinen seltener zu werden. Das hat darin seinen Grund, daß die Vakuolen vielfach platzen und dadurch Kernformen entstehen, die sichel- oder henkelartig gekrümmt und gelappt sind und oft noch den Sitz der früher vorhandenen Vakuole erkennen lassen (Taf. II, Fig. 12).

Auch lebend lassen sich die Kerne leicht beobachten. Schneidet man ein Blatt an, so quillt zäher Schleim aus der Schnittwunde hervor, in dem unter dem

Mikroskope zahlreiche Kerne zu sehen sind. Isoliert man vakuolisierte möglichst vom Schleim und fügt dann destilliertes Wasser hinzu, so nehmen die Vakuolen Wasser osmotisch auf und beginnen sich zu vergrößern. Bringt man sie in konzentrierter Lösungen von KNO_3 oder Rohzucker, so verringert sich ihr Volumen zusehends, bis sie schließlich fast ganz verschwinden und ihre Anwesenheit nur noch ein Spalt anzeigt, den die nun aneinanderschließenden früheren Vakuolenränder miteinander bilden. Auch hier ist also eine osmotisch wirksame Substanz an der Vakuolenbildung beteiligt, die eiweißartiger Natur sein dürfte, was in anderen Fällen von Molisch und Fr. Schwarz ziemlich sicher erwiesen ist.

Das Auftreten von Vakuolen im Kern ist bei *Aloe* unzweifelh das Zeichen einer beginnenden Degeneration der Kerne. Ihre Bldung und Entstehung setzt zwar schon in noch relativ jungen dien ein, nimmt aber mit zunehmendem Alter an Häufigkeit bechtlich zu. Wenn auch der Kern, von morphologischen Gesichtsnkten betrachtet, vielfach sein Aussehen oder seine Struktur nicht ler nur wenig im Alter verändert, so dürften doch in seinem Inneren ır uns nicht greifbare Veränderungen vor sich gehen, infolge erer er gewissen äußeren Einflüssen nicht mehr einen entsprechend starken Widerstand entgegensetzen kann. So ist es leicht verständlich, daß amöboide Gestaltsveränderungen an alten Kernen häufiger anzutreffen sind als an jungen, daß die Vakuolenbildung in jugendlichen Kernen unterdrückt wird, in älteren, wo seine Widerstandskraft abnimmt, immer reichlicher wird. Ich halte die Vakuolenbildung für eine krankhafte Erscheinung am Kern, die nicht geeignet ist, irgendwelche Vorteile für ihn herbeizuführen.

Schließlich sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Hofrat Prof. Dr. H. Molisch für das rege Interesse, das er dieser Arbeit jederzeit entgegenbrachte und die wertvollen Anregungen meinen ergebensten Dank auszusprechen. Ebenso danke ich herzlichst Herrn Assistenten Dr. G. Klein für die stete Förderung meiner Arbeiten und die freundschaftlichen Rathschläge, die er mir stets angedeihen ließ.

Zusammenfassung.

Bei jenen Fällen direkter Zerteilung des Kernes, wo eine Heraussonderung der Chromosomen nicht stattfindet, wurde streng unterschieden zwischen Amitose und Fragmentation.

An Hand von Beispielen wurde zu zeigen versucht, daß Amitose ein gegenüber Mitose vereinfachter Teilungsvorgang ist, aber nur dort auftreten kann, wo eine gleichmäßige Aufteilung der Erbmasse nicht notwendig ist. Die von Schürhoff aufgestellte Behauptung, daß bei amitotischer Teilung nur so viele Tochterkerne gebildet werden können, als der Mutterkern normalerweise Chromosomen enthält, wurde widerlegt.

Der Begriff der Fragmentation wurde weiter gefaßt und zu ihr alle jene morphologischen Veränderungen am Kerne gestellt, die einen Zerfall des Kernes in Teilstücke bedingen können, aber nicht Amitose sind. Bei neuerlicher Untersuchung einiger *Tradescantia*-Arten (*T. virginica, T. zebrina* und *T. viridis*) konnte eindeutig festgestellt werden, daß durch die zur Fragmentation zu rechnenden amöboiden Gestaltsveränderungen in der Tat mehrkernige Zellen gebildet werden können, was Schürhoff bei *Tradescantia virginica* in Abrede stellt. In einer Reichlichkeit und einem Ausmaße wie bei *Tradescantia* wurden sie im Parenchym des Blattstieles von *Funkia sp.* gefunden und beschrieben, ferner, wenn auch selten, im Marke von *Impatiens Balsamina*, im Rindenparenchym etiolierter Triebe von *Solanum tuberosum*, im Parenchym der fleischigen Wurzel von *Beta vulgaris*, im Wassergewebe von *Aloe vulgaris* und im Marke von *Tropaeolum majus* Auf Grund vergleichender Untersuchungen wurde die Frage, ob dieser Fall von Fragmentation als Alterserscheinung aufzufassen sei, im bejahenden Sinne beantwortet. Daß die Kerne gewisser Gewebe der Desorganisation anheimfallen, während die ganze Pflanze noch im jugendlichen Zustande sich befindet, wurde am Marke von *Sambucus* gezeigt

Ferner wurde eine Erscheinung an Kernen beschrieben, die in der Literatur bis jetzt wenig Berücksichtigung erfahren hat, das Auftreten von Vakuolen im Kerne. Sie wurden gefunden in den Kernen des Markes von *Solanum nigrum*, im Marke von *Lactuca sativa*, im Fruchtfleisch von *Prunus domestica*, im Parenchym der Wurzel von *Beta vulgaris*, im Parenchym des Blattstieles von *Funkia sp.* und in höchster Vollendung im Fruchtfleisch von *Prunus armeniaca*. Die Zeit ihres Auftretens wurde bei *Aloe vulgaris* verfolgt, bei der die Kerne des Wassergewebes oft vakuolisiert sind und gefunden, daß ein seniler Prozeß vorliegt. Die Vakuolen sind imstande zu platzen und dadurch den Kern zu zerklüften. Die Ansicht von Kallen, daß dadurch der Kern in Teilstücke zerlegt werden kann, gewinnt dadurch an Wahrscheinlichkeit. Als sekundäre Erscheinung ist dieser Fall ebenfalls zur Fragmentation zu stellen. Die Vakuolen enthalten, wie einschlägige Versuche lehrten, eine osmotisch wirksame Flüssigkeit.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

Fig. 1*a*. Verschiedene Fragmentationsstadien der Kerne aus den Parenchymzellen des Stengels von *Tradescantia zebrina*.

Fig. 1*b*. Zwei durch Fragmentation entstandene Tochterkerne, von denen der eine keinen Nukleolus besitzt. Vergr. 460.

Fig. 2*a*. Kerne aus dem Mark des Stengels von *Tropaeolum majus*, 1 *cm* unterhalb des Vegetationskegels.

Fig. 2*b* und *c*. Kerne aus älteren Zellen und

Fig. 2*d*. Kerne aus ganz alten Zellen des Markes. Vergr. 285.

Fig. 3. Durch Fragmentation bedingte mannigfache Gestaltsveränderungen der Kerne aus den Parenchymzellen des Blattstieles von *Funkia sp.* Bei *a* ein Kern. der leicht eine vollständige Trennung der beiden Teilstücke vortäuschen kann.

Fig. 4. Verschiedenartig eingeschnürte und gelappte Kerne aus den Rindenparenchymzellen eines etiolierten Triebes von *Solanum tuberosum*. Vergr. 285.

Fig. 5. Desgleichen ein fast bis zur vollständigen Trennung durchgeschnürter Kern in einer Ansammlung von Plasma und Stärke liegend. Vergr. 335.

Fig. 6. Kerne aus dem Wassergewebe des Blattes von *Aloë vulgaris* In einzelnen Fällen ist die Einschnürung so weit gegangen, daß die Kernstucke nur noch durch schmale Brücken miteinander im Verbande sind. Vergr. 460.

Fig. 7. Kernformen aus den Parenchymzellen des Markes eines alten Stengels von *Impatiens Balsamina*. Vergr. 335.

Fig. 8. Eingeschnürte Kerne aus der fleischigen Wurzel von *Beta vulgaris*. Vergr. 460.

Tafel II.

Fig. 9. Sehr stark vakuolisierte Kerne aus den saftigen parenchymatischen Zellen des Fruchtfleisches von *Prunus armeniaca*. Vergr. 540.

Fig. 10. Einzelner Kern in der Mitte der Zelle von mächtigen Plasmasträngen suspendiert. Vergr. 285.

Fig. 11. Vakuolisierte Kerne aus den Zellen des Wassergewebes von *Aloë vulgaris*. Vergr. 460.

Fig. 12. Gelappte Kerne, entstanden durch Platzen der Vakuolen. Bei *a* beginnt sich die Kernsubstanz an einer Seite von der Vakuole zurückzuziehen und nur ein dünnes Häutchen trennt noch den Vakuoleninhalt von dem umgebenden Plasma. Vergr. 460.

Fig. 13. Kerne mit Vakuolen aus alten Zellen des Markes von *Lactuca sativa*. Vergr. 540.

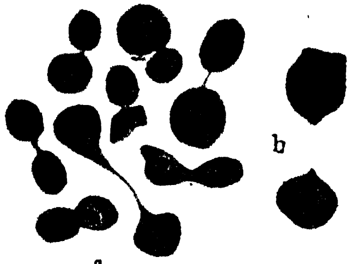
Fig. 14. Vakuolisierte Kerne aus den Zellen des Fruchtfleisches von *Prunus domestica*. Vergr. 335.

Fig. 15. Desgleichen aus den saftigen Zellen der fleischigen Wurzel von *Beta vulgaris*. Vergr. 540.

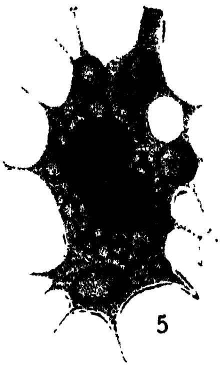
Fig. 16. Kerne mit Vakuolen aus den Parenchymzellen des Blattstiels von *Funkia sp.* Bei zwei Kernen hat sich die Kernsubstanz von der Vakuole an einer Seite zurückgezogen, so daß sie nur noch von einem sehr zarten Häutchen gegen das Protoplasma abgegrenzt ist. Vergr. 460.

Fig 17. Kerne aus den Zellen des Markes von *Solanum nigrum* mit Vakuolen. Vergr. 335.

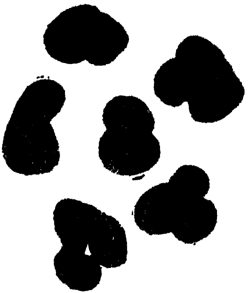
Kisser J.: Amitose pflanzlicher Zellkerne. Taf. I.



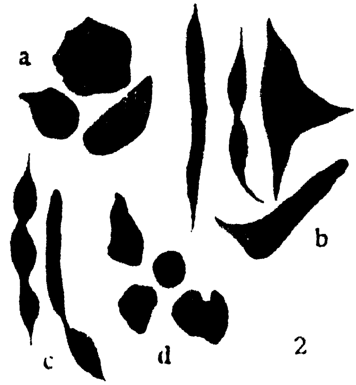
1



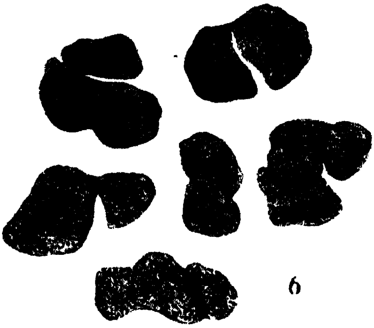
5



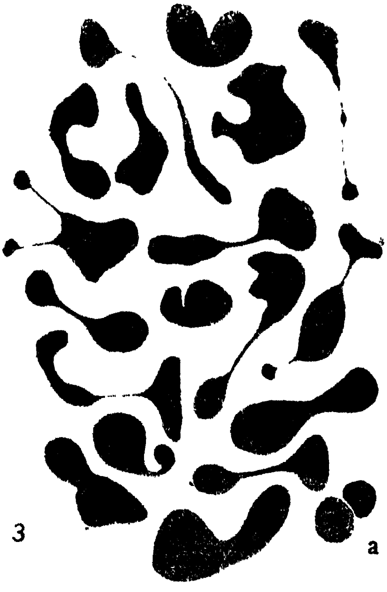
4



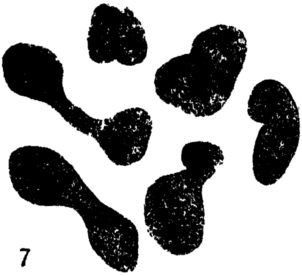
2



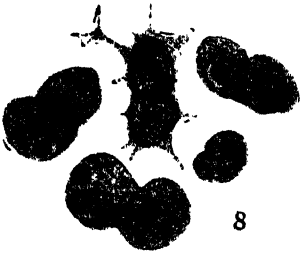
6



3



7



8

Die vermutliche Bedeutung der Helminthenwanderungen

Von

Prof. Dr. Theodor Pintner

K. M. Akad. Wiss.

(Mit 3 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 6. Juli 1922)

Es ist etwa seit Beginn dieses Jahrhunderts in immer weiterem Umfange nachgewiesen worden, daß die postembryonale Entwicklung der parasitischen Fadenwürmer durchaus nicht so einfach verläuft, wie man sich anfangs vorgestellt hat. Nachdem schon vorher die passive Übertragung der Blutfilarien durch die Moskitos entdeckt worden war (17—19), die einerseits an sich theoretische und praktische Wichtigkeit hat, anderseits den ersten Anstoß zu den großartigen Aufklärungen der Malariainfektion gab, folgten um die Wende des Jahrhunderts jene epochemachenden Entdeckungen von Arthur Looß über die aktive Einwanderung der Ankylostomen durch die Haut des Menschen (16). Je weniger man sich die Möglichkeit eines solchen Vorganges früher hatte denken können, desto härter mußte sich der Kampf gestalten, den ein einziger Mann damals gegen die ganze wissenschaftliche Welt zu führen und siegreich zu beenden hatte. Welche volkswirtschaftliche Bedeutung diese neuen Errungenschaften außer ihrer biologischen besitzen, dafür zeugen z. B. eigene zur Ausrottung der Ankylostomiasis begründete Ämter und Zeitschriften in Amerika (11).

Bald kamen weitere Feststellungen über die gleiche Infektionsweise bei den Angiostomiden, speziell bei *Strongyloides intestinalis* (7) hinzu. Daß auch für die Strongyliden der Haustiere, die die Blut- oder Luftwege bewohnen, die perkutane Einwanderung Geltung haben dürfte, darauf verwies ich schon seit mehr als einem Dezennium meine Hörer an der Tierärztlichen Hochschule, hauptsächlich mit Rücksicht auf die notwendige Prophylaxe, regelmäßig. Die oft riesige Zahl der infizierten Individuen, die Stärke der Infektion des Einzeltieres, die Beobachtungen auf der Weide und im Stall deuten unverkennbar darauf hin. Lag hier immer noch ein

Bedenken bei jenen Formen vor, die im arteriellen Teile des Kreislaufsystems zeitweiligen Aufenthalt nehmen, so fällt auch dieses nunmehr fort, seit Fülleborn (8) nachwies, daß von den in die Lunge eingewanderten Fadenwürmern ein nicht unwesentlicher Teil den Weg ins linke Herz und den großen Kreislauf findet.

Endlich kamen während des Krieges die überraschenden Entdeckungen von Stewart, von Foster und Ransom (27) und besonders von Ransom (25, 26) über die Wanderungen der jungen *Ascaris lumbricoides*. Durch sie erscheint die Endentwicklung und Vollreife von Fadenwürmern im Dünndarm unmittelbar nach ihrer Einführung durch den Mund, also das, was man noch vor kurzem als die Regel ansah, auf einen kleinen Kreis von parasitischen Nematoden, auf *Oxyuris* und *Trichocephalus* eingeschränkt, falls nicht auch da noch Änderungen unserer jetzigen Auffassungen bevorstehen. Dagegen beansprucht nunmehr die Durchwanderung der Blutbahn mit oder ohne vorhergehendes Leben im Freien, mit oder ohne Metamorphose[1] und mit oder ohne perkutane Infektion fast allgemeine Gültigkeit.

Man mußte sich nun fragen Was haben die umständlichen Wanderungen bei Parasiten für einen Sinn, die endlich doch in den Dünndarm kommen und dieses Ziel leicht auf jenem viel einfacheren Wege erreichen könnten, den man früher für den selbstverständlichen gehalten hatte? Die Frage scheint auch selbst nach den zuletzt erwähnten Entdeckungen der Amerikaner nicht aufgeworfen worden zu sein.

Ich bezeichnete alsbald nach dem Bekanntwerden der *Ankylostoma*-Einwanderung durch die Haut diese Eigentümlichkeit als einen Tropismus, und zwar als einen Thigmotropismus (21—23), was von Looß in seinem großen *Ankylostoma*-Werke unter voller Zustimmung aufgenommen wurde (16, Vol. 4, p. 425 ff., 453), aber in der Literatur sonst ganz unbeachtet blieb. Ich hatte ferner darauf hingewiesen, daß dieser Tropismus der *Ankylostoma*-Larven sich natürlich nie hätte ausbilden können, wenn er nicht für die Art von entscheidender biologischer Bedeutung wäre. Dieser Hinweis besaß auch besondere praktische Wichtigkeit. Looß hatte zuerst mit großer Vorsicht bloß für die Fellachen in Ägypten die wohlbegründete Vermutung aufgestellt, daß die Einwanderung durch die Haut die Regel sei. Ich zog die gleiche Folgerung auch für die europäischen Kohlengruben und stellte die Infektion per os, auf die von der Wissenschaft, wie von der hygienischen Gesetzgebung noch lange nachher fast ausschließlich geachtet wurde, als eine daneben bestehende offene Möglichkeit hin. Innerlich widerstrebte mir schon damals das unbedingte Festhalten an ihr um so mehr, als ich irgendwo gelesen zu haben glaubte, daß per os aufgenommene *Ankylostomum*-Larven nach der Einführung eine Zeitlang völlig verschwinden, ehe sie im Darm wieder auftauchen. Ich war eben unter dem Eindrucke dieser (mir nicht auffindbaren) Angabe durchaus geneigt anzunehmen, daß per os eingeführte Larven die Wand des Verdauungstraktes durchbohren und hierauf dieselbe Wanderung ausführen, wie perkutan eingedrungene. Auch diese Anschauung vertrat ich stets in meinen Vorlesungen.

---

[1] Es sei hier beiläufig darauf hingewiesen, daß es besser ist, zu sagen: »die jungen *Ascaris*«, als »die *Ascaris*-Larven«; denn es ist bis jetzt nicht bekannt geworden, daß die Jugendzustände der Ascariden irgendwelche Larvencharaktere aufweisen.

Es sei gleich hier hinzugefügt, daß sich diese Vermutung seither vollkommen bestätigt hat.

So haben vor allem die holländischen Forscher **De Blieck** und **Baudet** (2) für *Strongyloides Westeri* nachgewiesen, daß nicht nur auch bei diesen Parasiten des Pferdes die Infektion auf perkutanem Weg zu stande kommt, sondern besonders, daß selbst bei allfälliger Einführung per os ein Einbohren in die Wand des Darmkanals und dann die gleiche normale Wanderung durch die Blutbahn, Lunge, Trachea und Ösophagus stattfindet, wie bei der Einwanderung durch die Haut. Ferner hat **Fülleborn** (9) für *Angiostomum nigrovenosum* des Frosches die perkutane Einwanderung festgestellt, die den gleichen Weg nötig macht, und auch die viel älteren Beobachtungen von **Grassi** und **Noé** (10), daß *Filaria immitis* des Hundes ausschließlich durch den Stich der Moskitos die Weiterentwicklung findet, nicht aber, wenn noch so stark infizierte Mücken von Hunde gefressen werden, gehören hierher. Dies um so mehr, als seit D. H. **Bahr** (1) bekannt ist, daß die Larven der *Filaria Bancrofti* von der Mücke nicht etwa in die Haut versenkt, sondern nur auf die Haut oberflächlich abgelegt werden und sich in sie aktiv einbohren, was sie auch tun, wenn man sie vorher aus der Mücke herauspräpariert und sie dann auf die Haut bringt.

Nach der Entdeckung der *Ascaris*-Wanderung mußte nunmehr ein biologischer Parallelismus zwischen ihr auf der einen Seite und der Entwicklung von *Ankylostomum* und *Strongyloides* auf der anderen höchst auffällig erscheinen. Es liegt eine doppelte Ähnlichkeit vor: Erstens können bei allen die Jugendformen vor Erreichung eines gewissen Entwicklungszustandes nicht im Darme leben, sondern sie müssen vorher eine Wanderung durch die Blutbahn antreten: die *Ancylostomum*-Larve häutet sich im Freien zweimal und wächst schon da, ehe sie perkutan einwandert, die jungen *Ascaris* häuten sich und wachsen während der Wanderung. Das alles hängt zweitens aufs engste mit dem erwähnten Thigmotropismus zusammen. Überall wird Wanderung und weiteres Wachstum durch das aktive Einbohren in die Organe des Wirttieres eingeleitet. Diesen Parallelismus suchte ich nun zunächst auf die Möglichkeit phylogenetisch gleicher Abstammung von Formen zurückzuführen, die durch perkutane Einwanderung allmählig zum Parasitismus gelangt wären (24). Kennen wir doch schon seit **Leuckart** (13*a*) Formen von Nematoden, die unter den Flügeldecken von Käfern ihre Jugendzustände verleben, also an geschützten und wohl von organischen und als Nahrung ausnutzbaren Flüssigkeiten befeuchteten Orten, von denen aus eine erst gelegentliche, später regelmäßige Einwanderung durch die Haut nicht unvorstellbar ist. Wie es mir nämlich durchaus nicht unmöglich vorkommt, daß die unter den Flügeldecken von *Hylobius pini* lebenden Generationen von *Allantonema mirabile* vielleicht die einwandernden, nicht die ausgewanderten Tiere sein könnten, so scheint es mir fast gewiß, daß die Einwanderung bei *Sphaerularia bombi* nicht durch den Mund der Hummeln, sondern durch die Körperdecke vor sich geht; schon der Haarpelz des Wirttieres fordert den Thigmotropismus der jungen Fadenwürmer geradezu heraus. Auch bei *Atractonema* wird die Einwanderung in die Larven der *Cecidomyia pini* in ganz gleicher Weise vor sich gehen. Es gelang ja Leuckart nie, Junge von diesem Fadenwurm im Darm des Wirtes aufzufinden.

Wenn also eine phylogenetische Entstehung des Entoparasitismus der Nematoden von ursprünglichen Schlammbewohnern her angenommen wird, so steht für sie auch noch ein zweiter Weg offen. Für den ersten muß aber, nachdem Fülleborn nunmehr, wie erwähnt, auch für *Angiostomum nigrovenosum* des Frosches die perkutane Einwanderung nachgewiesen hat, übrigens auf eine mögliche Identität mit dem zweiten hingewiesen werden. Daraus würde sich vielleicht die Folgerung ziehen lassen, daß der Parasitismus der Nematoden aus einem Raum- und Ectoparasitismus entstanden, primär zunächst zu einem Parasitismus in den Geweben und Lymphräumen, dann in den Blutbahnen geführt hat, wie ein solcher auch noch heute für die ganze große Familie der Filariden und für viele Strongyliden zeitlebens, für *Trichinella* vorübergehend gültig ist. Der Darmparasitismus wäre dann das erst später Entstandene, die reinen Darmparasiten, wie *Oxyuris*, die phylogenetisch jüngsten Formen.

Auf eine phylogenetische Erklärung der Ascaridenwanderung hat nunmehr auch Fülleborn (9) hingewiesen.

Sei dem aber wie immer, es ist nicht zu verkennen, daß ein solcher Versuch, die Zusammenhänge herzustellen, eine biologische Erklärung der sonderbaren Wanderung der Ancylostomen, Ascariden u. s. f. durch Blut- und Atemwege nur zurückschiebt, aber letzten Endes nicht geben kann. Wir haben jedoch für eine solche eine andere Möglichkeit, die, z. T. schon angedeutet, noch nicht ganz durchdacht zu sein scheint.

Das Ergebnis vorweggenommen, kann man sagen: Es ist höchst wahrscheinlich, daß die Nematoden die Wanderung durch Blut und Lunge deshalb antreten, weil ihre Jugendzustände vor dieser Wanderung die zu ihrer Existenz im sauerstoffreien Darm unbedingt nötige Glykogenmenge in ihrem Körper noch nicht besitzen; die Speicherung des Glykogens wird ihnen eben erst durch diese Wanderung, während der sie wachsen, ermöglicht.

Es war bekanntlich G. Bunge (5, 6), der zuerst genaue Untersuchungen darüber anstellte, ob denn die Darmparasiten ohne Sauerstoffaufnahme von außen zu leben vermögen und woher die für ihre oft so lebhaften Bewegungen nötige Energie stamme? In zwei Arbeiten, 1883 und 1889, stellte er durch Versuche, und zwar hauptsächlich gerade an der Gattung *Ascaris*, fest, daß die Tiere 6 bis 7 mal 24 Stunden in vollkommen sauerstoffreier Atmosphäre zu leben vermögen. Schon er meinte, die Fadenwürmer hätten wohl »als Schlammbewohner eine Vorschule« der Anaërobiose durchgemacht und eine Erklärung ihrer jetzigen Lebensmöglichkeit gebe wohl die Deszendenzlehre.

Eine eingehendere Beantwortung der Frage gelang aber erst Weinland (28 bis 30) 1902. Er wies nach, daß es das Glykogen des Nematodenkörpers sei, das unter der Form einer echten Gärung zerlegt wird, und zwar in Valeriansäure und Co_2. Bei dieser Zersetzung werden Kalorien frei, die dem Tiere bei völligem Mangel einer Sauerstoffzufuhr von außen das Leben ohne Oxydationsprozesse ermöglichen. Es vermag in einer Co_2-Atmosphäre zu leben, sogar länger als bei Zutritt von Luft. Die Größe der bei diesem Prozeß gewonnenen Kalorien ist allerdings kleiner, als ein Viertel derjenigen, die durch Oxydationsvorgänge gewonnen werden könnten, so daß er sich als eine äußerst ungünstige Nahrungsausnützung darstellt. Aber Nahrung steht dem Parasiten unbegrenzt zur Verfügung und Muskel-, Nerven- und Sinnesenergie, sie zu erlangen, braucht er nur in geringem Maße im Vergleich zum freilebenden Tier, ebensowenig Wärme, die ihm sogar zugeführt wird, wobei er zudem bestens geschützt ist.

Das Leben der Ascariden ist somit an ihren Glykogengehalt gebunden. Wenn also, so müssen wir folgern, die jungen aus dem Ei geschlüpften Tiere diesen Glykogengehalt noch nicht in genügendem Maße besitzen, so können sie eine parasitische Lebensweise im sauerstoffreien Darm nicht aushalten; sie brauchen von außen zugeführten Sauerstoff, im Darm würden sie ersticken, absterben, verdaut werden. Sie müssen also den nötigen Glykogengehalt durch einen früheren Aufenthalt in O- und zugleich zuckerhältigen Medien erst erwerben. Diese Möglichkeit gibt den *Ancylostomum*-Larven das Leben und Wachsen im Freien bis zur zweiten Häutung, eine Entwicklungsstufe, während welcher sie bekanntlich sehr O-bedürftig sind (Leichtenstern, Looß), und die nachfolgende Wanderung, den jungen *Ascaris* aber die Wanderung allein, während der sie bedeutend heranwachsen (Foster und Ransom).

Erst wenn die Tiere die genügende Menge Glykogen in ihrem Körper gespeichert haben, brauchen sie im Darm nicht mehr zu ersticken, vorher müssen sie ihn, auch per os eingeführt, so schleunig wie möglich verlassen. Daß z. B. die *Strongyloides*-Larven im Darm ersticken, wenn sie, künstlich per os eingeführt, nicht rasch genug in die Darmwand kommen, haben auch die früher erwähnten holländischen Forscher für *Str. Westeri* des Pferdes angegeben, nur auf den Zusammenhang mit der vorher nötigen Glykogenspeicherung sind sie, wie es scheint, noch nicht verfallen.

In ausgezeichneten Untersuchungen hat v. Kemnitz (12) u. a. nachgewiesen, daß die befruchteten Eier von *Ascaris* mit Glykogen geradezu vollgestopft sind, daß aber das Glykogen bei fortschreitender Entwicklung der Parasitenembryonen wohl abnimmt (v. Kemnitz, S. 486), was ja in jeder Richtung den Erwartungen entspricht. Es ist also keine gewagte Annahme, daß die *Ascaris*-Embryonen nach ihrer Inkubationszeit und die jungen *Ascaris* nach ihrer ersten Wanderung in den Darm, die *Ancylostomum* während ihrer Embryonalentwicklung und der im Freien verlaufenden Metamorphose den noch allenfalls vorhandenen Glykogengehalt werden mehr oder weniger aufgebraucht haben.

Wenn wir über das Gebiet der Nematoden hinaus einen Blick auf andere Parasiten werfen, so wissen wir zunächst vom jungen Leberegel, daß er, in den Endwirt eingeführt, schleunigst das Darmlumen verläßt, die Darmwand durchbohrt und in das Pfortaderblut eindringt (Lutz, Railliet, Mousson e Henry, siehe bei Braun, 4, p. 169). Er folgt nicht einem Rheotropismus gegen den Strom der Gallenflüssigkeit in den *Ductus choledochus*, wie man früher annahm, sondern es liegt hier die ganz gleiche Erscheinung vor wie bei den Nematoden, nur in kleinerem Umfange.

Alle entoparasitischen Trematoden haben ja freilebende Jugendzustände, gehen dann im Zwischenwirt, in den sie aktiv eindringen zu Leibeshöhlen- oder Organparasitismus und erst zuletzt im Endwirt zum Darmbewohnen über. Die enzystierten Zustände werden in allen Fällen für die Glykogenspeicherung die günstigsten Bedingungen vorfinden. Die Ausgangspunkte dieser Entwicklungsreihe zeigen uns die Monogenea, besonders schön *Polystomum integerrimum* mit seinem anfänglichen, in Ausnahmsfällen aber allenfalls zeitlebens andauerndem Kiemenhöhlenparasitismus und *P. ocellatum*, das nur in den vordersten Teil des Verdauungsrohres vorzudringen vermag.

Aber auch von den Cestodenlarven wissen wir, daß sie im Zwischenwirt die gleiche Wanderung, vom Darmkanal schleunigst in das Blutgefäßsystem, antreten. Für *Cysticercus pisiformis* und *tenuicollis* z. B. liegen genaue Angaben von Leuckart (13) über die Wanderungen der jungen Tiere vor und alle weisen auf die Pfortader und die Leber als ersten, und zwar sehr rasch erreichten Aufenthalt. Auch was wir über die Jugendzustände der Bothriocephaliden und Pseudophylliden aus den Arbeiten von C. v. Janicki (11 *a*) und Felix Rosen (27 *a*) Neues erfahren haben, gehört hierher. Auf die freischwimmenden Stadien folgt der Leibeshöhlenparasitismus in Evertebraten, in Anneliden, den *Archigetes* zeitlebens beibehält, oder Copepoden, bei *Amphilina* in Vertebraten, oft nur bis nahe an das Reifestadium, wie bei den Liguliden, dann die immer weitergehende biologische Anpassung an den Parasitismus zuerst im Darm der Friedfische, dann der Raubfische, ganz zuletzt dem Warmblüter (wobei die Frage, welche unter diesen Formen morphologisch als primitiv anzusehen sind, hier nicht erörtert werden soll).

Es mag an dieser Stelle erlaubt sein, kurz darauf hinzuweisen, daß alle Abbildungen, die wir von Geweben der Cestoden

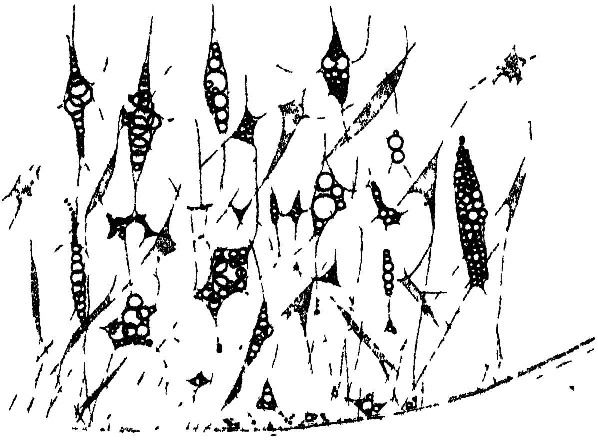


Fig. 1. Fettgewebe aus der Wand des Genitalatriums von *Anthobothrium musteli* Ben Hier, wie in den beiden anderen Figuren liegen alle die glänzenden Kugeln und Tropfen intrazellulär. Vergrößerung Zeiß E, Okular 4.

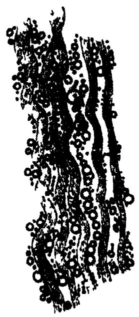


Fig. 2. Stück aus dem Halsteil derselben Form. In den Muskelfasern keine Tropfen.

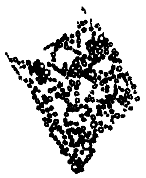


Fig. 3. Stück des *Vas deferens;* die Tropfen liegen ihm außen an.

besitzen, nicht den natürlichen Verhältnissen am lebenden Tier entsprechen. Dieses ist, wie bekannt, meist mehr oder minder undurchsichtig, nur wenige Arten, dazu solche, die selten untersucht werden, haben klare Gewebe, die dann freilich die schönsten Aufschlüsse ergeben. Die Undurchsichtigkeit rührt nun von zahlreichen, dicht gedrängten, fettähnlichen, stark lichtbrechenden Tröpfchen und Kugeln her, die von den allerkleinsten Körnchen bis zu ganz ansehnlicher Größe fast in allen Organen vorhanden sind (siehe Fig. 1 bis 3).

Glyzerin löst diese Tröpfchen wenig oder gar nicht, wohl aber die ätherischen Öle, Xylol u. dgl. Darum sind auch Glyzerinpräparate von Cestoden viel weniger durchsichtig, als Balsampräparate, und genauere histologische Zeichnungen nur nach solchen angefertigt. An diesen hat die vorherige Behandlung mit den Intermedien das Fett gelöst, die Fixierung, die in wasserhältigen Reagentien vorgenommen wurde und das Wasseraufkleben der Schnitte, wenigstens teilweise das Glykogen. So mußten erst Arbeiten aus jüngerer Zeit morphologisch den Glykogengehalt in den Cestodengeweben nachweisen (20*a*). Aber eine klare Scheidung dessen, was von den am lebenden Tier sichtbaren Tropfen und Körnchenmassen Fett und was Glykogen ist, ist noch nirgends erfolgt.

Das eben Gesagte soll natürlich nicht etwa eine Ablehnung aller Ergebnisse der modernen Technik auf dem Gebiete der Cestodenhistologie bedeuten, sondern nur daran erinnern, daß bei der allgemeinen Beschreibung der Bandwurmgewebe auf diese ihre wesentlichen, aber der Untersuchung lästigen und deshalb künstlich entfernten Bestandteile fast immer vollkommen vergessen wird.

Und nun kehren wir zu den Fadenwürmern zurück, zu einer jüngst von Fülleborn (9) bekanntgemachten Tatsache, die nach allem, was wir wissen, jetzt nur ganz natürlich erscheint: er verfütterte mit *Strongyloides*-Larven infizierte Lungen an Hunde und konnte mit ihnen nun eine unmittelbare Darminfektion erzielen; dasselbe gelang Miagawa (20) mit *Ancylostomum*-Larven. Oder, was das Wesentliche an diesen Versuchen ist: haben die jungen Nematoden die Blut- und Lungenwanderung in was immer für einem, etwa auch in einem zur Endansiedelung nicht geeigneten Tiere durchgemacht, so kann mit den infizierten Lungen dieser Tiere die Übertragung in den Darm des typischen Trägers ausgeführt werden, ohne daß die Würmer in ihm sich noch weiter auf die bekannte Wanderung begeben würden. Sie bleiben jetzt sofort im Darm.

Das aber setzt ja blitzartig das Entstehen der ganzen Erscheinung der Zwischenwirte ins hellste Licht.

Die parasitischen Würmer waren erst Außen-, dann schrittweise Mesenchym-, Lymph-, Blutgefäß-, Luftwegeparasiten. Waren sie das in Futtertieren von Fleischfressern, so erhielten sie sich im Darmkanal der Raubtiere erst hie und da, wenn sie in sehr reifem Zustande mit der Nahrung in sie hineinkamen und ihr Glykogengehalt ihnen ermöglichte, eine Zeitlang dem Erstickungstode und Verdautwerden zu entgehen, geradeso, wie das Pseudoparasiten, *Gordius* oder Fliegenlarven, gelingt, dann, sich allmählig an die neue Lebensweise anpassend, immer häufiger. Später, als die Adaptation vollständiger geworden war, wurde bei vielen Formen dieser Weg mehr oder weniger abgekürzt; bei manchen wurde der Wirtswechsel beibehalten, weil er für die Jugendformen notwendig ist, bei anderen wurde er ausgeschaltet, aber die Wanderung, die sie früher im Zwischenwirt durchmachten, blieb, jedoch wurde sie in demselben Wirt ausgeführt, bis die Jugendform den nötigen Glykogengehalt erworben hatte. Nur bei höchst angepaßten Formen vermag das aus dem Ei schlüpfende Junge sofort im Darmkanal zu existieren, von solchen Formen aber gibt es, wie wir nunmehr wissen, weitaus weniger, als man bisher geglaubt hat.

Literaturverzeichnis.

1. Bahr, D. H. Filariosis and elephantiasis in Fiji. London 1912. Journ. Trop. Medicine Hyg., 15, p. 77.
2. de Blieck, L. und E. A. R. F. Baudet. Perkutane Infektion bei dem Fohlen durch *Strongyloides Westeri*. D. Tierärztl. Wochenschr., Hannover, 28. Jahrg., Nr. 18, 1. Mai 1920.
3. — Weitere Untersuchungen über die Biologie und den Infektionsweg der Larven von *Strongyloides Westeri*. 29. Jahrg., Nr. 1, 1. Januar 1921.
4. Braun, Max. Die tierischen Parasiten des Menschen. 1. Teil, Würzburg 1915.
5. Bunge, G. Über das Sauerstoffbedürfnis der Darmparasiten. Zeitschr. Physiolog. Chemie, 8. Bd., Straßburg 1883—84, p. 48 bis 59.
6. Weitere Untersuchungen über die Atmung der Würmer. 14. Bd., 1890, p. 318 bis 321.
7. van Durme, P. Quelques notes sur les embryons de *Strongyloides intestinalis* et leur pénétration par la peau. Thompson Yates Laboratory, Liverpool 1902, IV, 2, p. 471.
8. Fülleborn, F. Über den Infektionsweg bei *Ascaris*. Klinische Wochenschr., Berlin, 1. Jahrg., Nr. 6, 4. Februar 1922, p. 270 bis 271.
9. — Über den Infektionsweg bei *Ascaris*. Nr. 20, 13. Mai 1922, p. 984 bis 988, 6 Abb.
10. Grassi, B. und G. Noé. Übertragung der Blutfilarien ganz ausschließlich durch den Stich von Mücken. Centralbl. Bakt. Parasitk., 1. Abt., 28. Bd., 1900, p. 652.
11. Investigations on the Control of Hookworm Disease. The American Journal of Hygiene; fortlaufende Veröffentlichungen von James E. Ackert, Donald L. Augustine, William Cort, Florence King u. George C. Payne u. a.; ferner die der The Rockefeller Sanitary Commission for the Eradication of Hookworm Disease, Washington D. C.; sowie kleine belehrende gemeinverständliche Flugschriften u. a. m.

11*a*. Janicki, Constantin et Felix Rosen. Le Cycle évolutif du Bothriocephalus latus L. Bull. Soc. neuchâteloise sc. nat. Neuchâtel t. XLII, p. 19 bis 53, 2 Taf., 1917.

12. Kemnitz, G. v. Die Morphologie des Stoffwechsels bei *Ascaris lumbricoides*. Ein Beitrag zur physiologisch-chemischen Morphologie der Zelle. Archiv Zellforschung, Leipzig. 7. Bd., 1912, p. 463 bis 603, 5 Taf., 9 Abb.
13. Leuckart, Rudolf. Die Parasiten des Menschen und die von ihnen herrührenden Krankheiten. 2. Aufl., Leipzig u. Heidelberg 1879 bis 1886, 1. Bd., 1. Abt., p. 430.

13*a*. — Neue Beiträge zur Kenntnis des Baues und der Lebensgeschichte der Nematoden. Abh. Math.-Physik. Cl., Sächsischen Ges. Wiss., XIII. Bd., p. 565 bis 704, 3 Taf., Leipzig 1887.

14. Linden, Gräfin v. Die Entwicklung der freilebenden Generation des Lungenwurmes. D. Tierärztliche Wochenschr., Hannover, 21. Jahrg., Nr. 35, 30. August 1913, p. 557 bis 560, 8. Abb.

*15. — Parasitismus im Tierreich. Braunschweig 1915, p. 179 ff.

16. Looß, Arthur. The Anatomy and life history of *Agchylostoma duodenale* Dub. A Monograph. Records of the School of Medicine, Vol. III, Cairo 1905 und Vol. IV, Cairo 1911.

17. Manson, Patrick. The *Filaria sanguinis hominis*. London 1883.

18. — The metamorphose of *Filaria sanguinis hominis* in the Mosquito. Trans. Linn. Soc., London (2) II 1884, p. 10.

19. — The *Filariae sanguinis* and Filariasis. Tropical diseases. New Edit., London 1903, p. 545.

20. Miagawa, Mitt. Mediz. Fakultät Tokio, 15. Bd., 3. Heft, 1916 (Citiert nach Fülleborn).

20*a*. Ortner-Schönbach, Pauline. Zur Morphologie des Glykogens bei Trematoden und Cestoden. Archiv Zellforschung, Leipzig 1913, 11. Bd., p. 413 bis 449, 2 Taf.

21. Pintner, Theodor. Die Lösung der Grubenwurmfrage. Verh. Z.-Bot. Ges. Wien, 55. Bd., 1905, p. 4 bis 5.

22. — Die Grubenwurmkrankheit und ihr Erreger (*Ancylostoma*). Schriften Verein zur Verbreitung naturw. Kenntn., Wien, 45. Jahrg., 1905, p. 32, 5 Abb.

23. — Neue Erfahrungen über die Wurmkrankheit. Zeitschr. Österr. Ingenieur- u. Architekten-Ver., 1905, Nr. 18, p. 1.

24. — Wichtige Neuentdeckungen in der Parasitenkunde. Wiener Tierärztl. Monatsschr. 8. Jahrg., Heft 4, 1. März 1921.

25. Ransom, B. H. A newly recognized cause of Pulmonary Disease — *Ascaris lumbricoides*. The Journ. American Medic. Assoc. Vol. 73, p. 1210 bis 1212, Oct. 18. 1919.

26. — and E. B. Cram. The course of migration of *Ascaris*-Larvae. The American Journ. Tropical Medic. Vol. 1, Nr. 3, May 1921, p. 129 bis 156, 1 Taf.

27. — and W. D. Foster. Observation on the life history of *Ascaris lumbricoides*. U. St. Department of Agriculture Bulletin, Nr. 817, May 12, 1920, Washington.

27*a*. Rosen, Felix. Recherches sur le développement des Cestodes. 1. Le cycle évolutif des Bothriocéphales. Bull. Soc. neuchâteloise sc. nat. Neuchâtel, t. XLIII, p. 64, 3 Taf., 1918. — 2. Le cycle évolutif de la Ligule. Ibid: t. XLV, p. 24, 1 Taf., 1919.

28. Weinland, Ernst. Über den Glykogengehalt einiger parasitischer Würmer. Zeitschr. Biol. (2), 23. Bd., 1901, p. 69 bis 74.

29. — Über Kohlehydratzersetzung ohne Sauerstoffaufnahme bei *Ascaris*, einen thierischen Gährungsproceß. 24. Bd., 1901, p. 55 bis 90.

30. — Über Energiegewinnung durch Zersetzung von Kohlehydrat ohne Sauerstoffzufuhr bei *Ascaris lumbricoides*. Sitz.-Ber. Ges. Morph. Phys. München, 17. Bd., 1902, p. 1.

Über ausziehbare Gefäß- und Bastbündel und Schraubenbänder

Von

Richard Baecker

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien

Nr. 181 der zweiten Folge

(Mit 1 Textfigur)

(Vorgelegt in der Sitzung am 26. Mai 1922)

I. Ausziehbare Gefäß- und Bastbündel.

Die durch Abreißen oder Abbrechen saftiger, nicht verholzter Pflanzenteile (Blattstiele und Sprosse) entstehenden Bruchflächen zeigen in der Regel eine mehr minder glatte Beschaffenheit. Bei einer Reihe von Pflanzen jedoch, so bei *Plantago*- und *Stellaria*-Arten, bei *Arabis albida* u. a. (siehe Zusammenstellung I) lassen sich die einzelnen Gefäßbündel oder der Zentralzylinder, das ist der von der Gesamtheit aller Gefäßbündel gebildete Zylinder, auf längere Strecken frei herausziehen, so daß sie oft faserförmig aus der Bruchfläche herausragen. Bei der Ergründung dieser zweifellos auf mechanische Ursachen zurückzuführenden Verschiedenheit des Verhaltens ist nun zunächst zu berücksichtigen, daß im allgemeinen nur ein homogener Stab (beispielsweise aus Eisen oder anderen Metallen, aus Porzellan u. dgl.) mit einer glatten Bruchfläche abreißt, während es bei Körpern, die wie Pflanzensprosse aus mechanisch verschiedenwertigen Geweben zusammengesetzt sind, von vornherein keineswegs wahrscheinlich ist, daß sie bei einem in ihrer Längsrichtung wirkenden Zug oder bei ihrer Biegung mit glatter Bruchfläche abreißen, beziehungsweise abbrechen; es wäre vielmehr eher anzunehmen, daß jeder der den Pflanzenteil aufbauenden Gewebekomplexe (Fibrovasalbündel, Basstränge der primären Rinde, Parenchym) jeweils an der Stelle geringster Festigkeit zum Bruche kommt, wobei diese Stellen aber nicht in einer Querschnittsebene, sondern in verschiedener Höhe liegen werden.

Zusammenstellung I.

Pflanzen mit ausziehbaren Gefäßbündeln, Zentralzylinder und Bastfasern.

	Organ	Ausziehbarer Gewebeteil
Fam. *Chenopodiaceae*		
Spinacia oleracea	Blattstiel	Gefäßbündel
Fam. *Caryophyllaceae*		
Stellaria media	Sproß	Zentralzylinder
Stellaria aquatica	»	»
Fam. *Cruciferae*		
Arabis albida	Sproß	Zentralzylinder
Brassica capitata	Blattnerv	Gefäßbündel
Brassica botrytis	»	»
Fam. *Myoporaceae*		
Plantago major	Blattstiel	Gefäßbündel
Plantago lanceolata	»	»
Fam. *Compositae*		
Leontodon spec.	Blattstiel	Gefäßbündel
Arctium spec.	»	»
Cirsium palustre	»	»
Fam. *Commelinaceae*		
Campelia Zanonia	Blatt	Bastfasern

Demgegenüber lehrt nun, wie eingangs ausgeführt, die Erfahrung, daß die überwiegende Mehrzahl der pflanzlichen Organe mit mehr minder glatten Bruchflächen abreißt und die der theoretischen Erwägungen Rechnung tragenden Pflanzenteile in der Minderzahl sind. Es muß daher angenommen werden, daß in den in Betracht kommenden Organen der meisten Pflanzen vor allem die Fibrovasalbündel gegen das umgebende Parenchym verhältnismäßig kräftig versteift sind, so daß ungeachtet der verschiedenen Höhenlage der schwächsten Stellen der einzelnen Gewebekomplexe der ganze Pflanzenteil an einer Stelle zum Bruch kommt. Ist diese Auffassung richtig, dann muß bei den faserig abreißenden Pflanzenteilen die Verbindung zwischen Parenchym und Bündel eine vergleichsweise sehr lose sein. Tatsächlich ergibt sich nun bei der Untersuchung dünner Querschnitte durch Sprosse und Blattstiele der in der Zusammenstellung I angeführten Pflanzen (mit Ausnahme von *Campelia*) in Übereinstimmung mit den vorstehenden Ausführungen folgendes:

1. Dem Mestom der Bündel liegen mächtige Bastbelege an, die an den Flanken des Bündels zusammenstoßen und daher einen geschlossenen mechanischen Belag bilden; bei Pflanzen mit ausziehbarem Zentralzylinder (*Stellaria*, *Arabis*) liegen dem Phloem außen flache Sklerenchymbogen an, die sich mit ihren Enden fast berühren und daher gleichfalls einen geschlossenen Ring unter der primären Rinde bilden;

2. die Zellen des Stereoms besitzen sehr stark verdickte Membranen und ein enges Lumen, der Gefäßteil des Bündels, beziehungsweise der Bündelring ist daher von einem kompakten, starren Hohlzylinder umschlossen;

3. die Kontur des Querschnittes des Fibrovasalbündels, beziehungsweise des Zentralzylinders ist nahezu kreisförmig, einspringende Winkel fehlen vollständig;

4. die Zellen der dem Stereom unmittelbar anliegenden physiologischen Scheide, beziehungsweise des Rindenparenchyms sind ausgesprochen weitlumig, ihre radial stehenden Membranen sind sehr dünn. In vielen Fällen zeigt die Membran der Grenzzellen in der Hälfte oder im inneren Drittel der radial gestellten Membran deutlich eine Verschwächung, bei *Plantago lanceolata* und stellenweise auch bei *Plantago major* lassen sich an dieser Stelle mit Ölimmersion auch zarte Tüpfel erkennen.

Daraus ergibt sich also, daß bei den Pflanzen mit ausziehbaren Vibrovasalbündeln und Zentralzylinder diese Teile nahezu kreisförmigen Querschnitt haben, daß die Größe der Berührungsfläche mit dem umgebenden Gewebe daher ein Minimum darstellt (jede andere Querschnittsform, insbesondere eine solche mit einspringenden Winkeln, wie bei dem Blattstiel von *Aesculus hippocastanum*, ergibt größere Berührungsflächen zwischen Bündel und Parenchym); weiters, daß Bündel und Zentralzylinder an der Peripherie aus einem starren, dickwandigen Gewebe bestehen, an das ohne Übergang ein sehr dünnwandiges, weitlumiges Gewebe anschließt, dessen innere radiale Membranen deutlich verschwächt sind. Nun erfolgt aber nach den Erfahrungen der Festigkeitslehre ein Bruch immer am leichtesten an Stellen schroffer Querschnittsänderung. Dazu kommt, daß die Membranen der Grenzzellen durch die unter (4) erwähnte Verschwächung und Tüpfelbildung zu einem Bruch schon präformiert erscheinen. Das abweichende Verhalten einzelner Pflanzen in bezug auf die Ausziehbarkeit der Fibrovasalbündel und Zentralzylinder ist demnach tatsächlich, wie eingangs angenommen wurde, darauf zurückzuführen, daß diese Gewebekomplexe wegen ihrer Querschnittsform, wegen des schroffen Wechsels der Festigkeitsverhältnisse und wegen der Verschwächung der radial stehenden Membranen der Grenzzellen mit dem umgebenden Grundgewebe in einem verhältnismäßig losen Zusammenhange stehen; das hat zur Folge, daß beim Zerreißen des Organes die geringe Versteifung in der Längsrichtung leicht überwunden werden kann und die einzelnen Bestandteile des Organes daher an ihrer spezifisch schwächsten Stelle abreißen können, während bei Pflanzen, die diese Besonderheit der Lagerung der Bündel und Zentralzylinder nicht aufweisen, der Widerstand, den die einzelnen Gewebeteile des Organes einer Verschiebung in der Längsrichtung entgegensetzen, erheblich größer ist und so zu einer mehr minder glatten, einheitlichen Bruchfläche führt. Der Vorgang beim Abreißen wird sich aller Wahrscheinlichkeit nach in der Weise vollziehen, daß beim Dehnen des Pflanzenteiles zunächst nur die wenig dehnbaren starren Bündel abreißen, ohne daß dieser Umstand aber vorerst in Erscheinung tritt, weil das übrige parenchymatische und turgeszente Gewebe eine mit Querkontraktion verbundene Dehnung erfährt. Bei Steigerung der Zugbeanspruchung kommt dann auch das Grundgewebe zum Bruch, wobei auch die Bündel an den nach den vorstehenden Ausführungen präformierten Stellen aus dem Verbande gerissen werden.

Ein ähnliches Verhalten wie die bisher besprochenen Pflanzen zeigen auch die Blätter von *Campelia Zanonia*,[1] aus denen sich beim Zerreißen lange Fasern herausziehen lassen. In diesem Falle handelt es sich aber nicht um ganze Gefäßbündel, sondern nur um die Bastbelege derselben. Wie Querschnitte durch das Blatt zeigen, umgeben die Bastzellen, die eine Länge von mehr als einen Zentimeter aufweisen, in einfacher Lage U-förmig das Leptom des Bündels und sind nur im basalen Teile des Blattes ziemlich dickwandig. Die für die Pflanzen mit ausziehbaren Bündeln und Zentralzylinder charakteristischen Merkmale fehlen daher hier bis auf die Dünnwandigkeit der an die Bastzellen angrenzenden Zellen des Leptoms und Parenchyms, so daß die früher angegebene Erklärung für die leichte Ausziehbarkeit hier nur zum Teile Geltung hat. Auch Unterschiede in chemischer Hinsicht sind nicht nachweisbar; durch Behandlung von Blattquerschnitten mit Phloroglucin-Salzsäure und Jod-Schwefelsäure sowie Färbung mit Rutheniumrot auf Vorhandensein von Pektinstoffen wurde vielmehr festgestellt, daß die Membranen sowohl der Leptom- als auch der Parenchymzellen aus reiner Zellulose bestehen.

Die Ausziehbarkeit der Bastzellen bei *Campelia* dürfte aller Wahrscheinlichkeit nach darauf zurückzuführen sein, daß bei einer bis zum Bruch führenden Dehnung des Blattes zuerst das Grundgewebe reißt, während die Bastfasern wegen ihrer hohen Zugfestigkeit und vor allem wegen ihrer großen Elastizität einem Zerreißen vorerst widerstehen und erst später an einer anderen Stelle abreißen, wobei sie infolge der Dünnwandigkeit des sie umgebenden Leptoms und Parenchyms leicht aus diesem herausgezogen werden können.

---

[1] H. Molisch, Beiträge zur Mikrochemie der Pflanze. Ber. der Deutschen botan. Ges., 1918, Bd. XXXVI, Heft 5.

Zusammenstellung II.

Über die chemische Beschaffenheit der Membranen und der Verdickungsleisten.[1]

Verdickungsleisten abrollbar						Verdickungsleisten nicht abrollbar					
Verdickungsleisten mit Stiel			Verdickungsleisten ohne Stiel			Verdickungsleisten mit Stiel			Verdickungsleisten ohne Stiel		
Pflanze	Beschaffenheit der		Pflanze	Beschaffenheit der		Pflanze	Beschaffenheit der		Pflanze	Beschaffenheit der	
	Membran	Verd. Leisten		Membran	Verd. Leisten		Membran	Verd. Leisten		Membran	Verd. Leisten
Rhoeo discolor	Pekt.	Zell.	*Piper macrophyllum*	Zell.	Holz	*Humulus lupulus*	Pekt.	Holz	*Chelidonium majus*	Pekt.	Zell.
			Rubus fruticosus	Zell.	Holz	*Boehmeria Ham.*	Zell.	Holz	*Impatiens Balsam.*	—	—
			Fragaria spec.	Zell.	Holz	*Beta vulgaris*	Pekt.	Holz	*Daucus carota*	—	—
			Cornus sanguinea	Zell.	Holz	*Cheiranthus Cheiri*	Pekt.	Holz	*Nerium Oleander*	—	—
			Cornus Mas	—	—	*Brassica Napus*	—	—	*Cucurbita pepo*	Pekt.	Holz
			Aucuba japonica	Zell.	Holz	*Fuchsia* spec.	—	—	*Dracaena rubra*	—	—
			Agapanthus umbell.	—	—	*Plantago major*	—	—	*Tradescantia multic*	Pekt.	Zell.
						Plantago lanceol.	—	—	*Tradescantia zebrina*	—	—
						Leontodon spec.	—	—	*Zea Mays*	—	—
									Musa Cavendishi	Zell.	Zell.
									Monstera deliciosa	—	—

---

[1] Es bedeutet: »Pekt.«, daß in dem betreffenden Gewebeteil Pektinstoffe eingelagert sind; »Holz«, daß der betreffende Gewebeteil verholzt ist; »Zell.«, daß der betreffende Gewebeteil aus reiner Zellulose besteht. — Das Vorhandensein reiner Zellulose wurde durch Jod-Schwefelsäure, einer Verholzung durch Phloroglucin-Salzsäure und von Pektineinlagerung durch eine ammoniakalische Lösung von Rutheniumrot nachgewiesen.

II. Abrollbare Schraubenbänder.

Fast bei allen Pflanzen lösen sich bekanntlich bei der Anfertigung von Schnitten für mikroskopische Präparate die schraubigen Verdickungsleisten der Gefäße von der Gefäßmembran leicht los. Diese Erscheinung ist, da es sich um einen bei der Zartheit der pflanzlichen Gebilde immerhin gewaltsamen Vorgang handelt, leicht zu erklären. Bei einer allerdings beschränkten Anzahl von Pflanzen zeigt sich aber die weitere auffällige Tatsache, daß beim Abreißen des Sprosses, Blattstieles und Blattes sowie der Blattnerven die schraubigen Verdickungsleisten der Gefäße oft auf bis zu 1 *cm* lange Strecken herausgezogen werden. Diese Erscheinung, die sich besonders deutlich bei *Agapanthus umbellatus*, weniger markant bei *Piper macrophyllum, Cornus sanguinea* u. a. (siehe Zusammenstellung II) zeigt, kann jedoch nicht auf dieselben Ursachen zurückgeführt werden wie das eingangs erwähnte Loslösen der Verdickungsleisten. Es war zunächst naheliegend, die Abrollbarkeit mit der Art der Anheftung der Schraubenbänder an der Gefäßwand in Zusammenhang zu bringen, eine Auffassung, die schon Rothert in einer später noch zu erwähnenden Arbeit vertreten hat.[1] Der genannte Autor wendet sich dort gegen die u. a. von de Bary[2] angegebene Erklärung der Abrollbarkeit mit einem Zerreißen der unverdickten Gefäßmembran und führt sie auf eine Ablösung der Leisten von der dünnen Membran zurück, die einerseits in der verschiedenartigen Beschaffenheit der Gefäßwandungen, von denen die dünne Membran unverholzt und weich, die Verdickungsleisten verholzt und viel härter sein sollen, andrerseits darin begründet sein soll, daß die Verdickungsleisten mit der Membran nur mit einem meist relativ schmalen Längsstreifen verwachsen sind.[3]

An einer früheren Stelle der zitierten Arbeit[4] kommt Rothert auf Grund seiner Untersuchungen zu der Folgerung, »daß mit vereinzelten Ausnahmen die verschmälerte Anheftung der Verdickungsleisten bei den Gefäßen ganz allgemein ist«.

Es wurden daher zunächst die in der Zusammenstellung III unter Nr. 1, 4 bis 9, 12, 15, 18, 19, 21, 23, 26 bis 28 angegebenen Pflanzen, die nach Rothert Schraubenbänder mit verschmälertem Fuß besitzen sollen, und zu Kontrollzwecken auch eine Anzahl solcher Pflanzen, bezüglich deren Verdickungsleisten der genannte Autor besondere Angaben nicht gemacht hat (Nr. 2, 3, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 20, 22, 24, 25), in dieser Richtung eingehend untersucht.

---

[1] W. Rothert, Rozprawy d. Akad. d. Wissensch. Krakau, Ser. II, Tom. XIV (1899), p. 433; Anzeiger d. Akad. d. W. Krakau, 1899, p. 15.

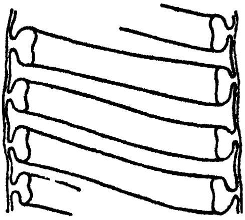
[2] A. de Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane, p. 164. »Die Abrollbarkeit der Spiralgefäße hat einfach ihren Grund darin, daß bei Zerrung die zarte, unverdickte Membran reißt, die zähe Faser, an der zarte, leicht zu übersehende Fetzen der zerrissenen Haut hängen, gestreckt wird.«

[3] W. Rothert, Anzeiger, l. c., p. 34.

[4] W. Rothert, Anzeiger, l. c., p. 18.

Hiebei konnte bei den zuerst angeführten Pflanzen nur in fünf von 15 Fällen (Nr. 1, 4, 6, 7, 12) eine stielförmige Ausbildung der Anheftungsstellen festgestellt werden, in allen anderen Fällen fiel bei der Untersuchung sowohl ausgewachsener als auch jugendlicher Teile der Befund im Gegensatze zu den Angaben Rothert's negativ aus, die Leisten zeigten sich vielmehr der Membran vollständig aufliegend.[1]

Andrerseits waren bei Pflanzen, bei denen Rothert eine verschmälerte Anheftung nicht konstatierte, deutlich stark verschmälerte, stielförmige Anheftungsstellen festzustellen (Nr. 2, 16, 17, 20). Auch in jenen Fällen, in denen die Untersuchungen des Verfassers mit den Angaben Rothert's übereinstimmen, zeigte sich jedoch, daß die stielförmige Anheftung nicht nur auf einzelne Gefäße eines Schnittes, sondern vielfach nur auf einzelne Stellen eines Gefäßes beschränkt bleibt, daß sogar oft nur ein Querschnitt einer Verdickungsleiste eine stielförmige Anheftung erkennen läßt, während der benachbarte Querschnitt der Gefäßmembran voll aufliegt.



Schraubenbänder von *Brassica Napus*, Blattstiel (Vergr. 1400 : 1).

Letztere Tatsache mag übrigens in dem auch von Rothert erwähnten Umstande ihre Begründung finden, daß die Gefäße selbst einen mehr polygonalen Querschnitt aufweisen, während die Verdickungsleisten schon vermöge ihrer größeren Dicke eine mehr kontinuierliche Krümmung anzunehmen bestrebt sind, so daß sich ihr Abstand von der Membran in radialer Richtung und damit die Höhe der Anheftungsleiste während einer Windung mehrmals ändern kann.

Aus den Beobachtungen des Verfassers ergibt sich daher zunächst, daß die oben zitierte Angabe Rothert's über die allgemeine Verbreitung einer verschmälerten Anheftung der Verdickungsleisten in dieser generalisierenden Fassung nicht gültig ist und jedenfalls einer Einschränkung in der Richtung bedarf, daß die verschmälerten Anheftungsstellen mehr minder vereinzelt bei einzelnen Individuen einer bestimmten Spezies vorkommen.

---

[1] Als verschmälerte Anheftung kann konsequenterweise nur eine solche nach der Textfigur bezeichnet werden; daß bei kreisförmigem oder elliptischem Querschnitt der Verdickungsleisten ihr Rand der Membran nicht vollständig aufliegt, ist selbstverständlich.

Zusammenstellung III.

Über die Art der Anheftung der Verdickungsleisten der Schraubengefäße.

× = Rothert gibt l. c. verschmälerte Anheftungsleisten an, beziehungsweise der Verfasser konnte solche feststellen.
0 = Der Verfasser konnte derartige Anheftungsleisten nicht feststellen.

		Nach Rothert	Nach Untersuchungen des Verfassers
Fam. *Cannabaceae*			
1. *Humulus Lupulus*	Sproß	×	×
Fam. *Urticaceae*			
2. *Boehmeria Hamiltonea*	Sproß		×
Fam. *Piperaceae*			
3. *Piper macrophyllum*	Sproß		0
Fam. *Chenopodiaceae*			
4. *Beta vulgaris*	Rübe	×	×
Fam *Papaveraceae*			
5. *Chelidonium majus*	Sproß	×	0
Fam. *Cruciferae*			
6. *Cheirauthus Cheiri*	Blattstiel	×	×
7. *Brassica Napus*	Blattstiel	×	×
Fam. *Balsaminaceae*			
8 *Impatiens Balsamina*	Sproß	×	0
Fam. *Rutaceae*			
9 *Citrus vulgaris*	Sproß	×	0
Fam. *Rosaceae*			
10 *Rubus fruticosus*	Blattnerv		0
11. *Fragaria* spec.	Blattstiel		0
Fam. *Oenotheraceae*			
12 *Fuchsia* spec.	Sproß	×	×
Fam. *Cornaceae*			
13. *Cornus sanguinea*	Blattstiel		0
14. *Aucuba japonica*	Sproß und Blattstiel		0

		Nach Rothert	Nach Untersuchungen des Verfassers
Fam. *Umbelliferae*			
15. *Daucus carota*	Rübe	×	0
Fam. *Myoporaceae*			
16. *Plantago major*	Blattstiel		×
17. *Plantago lanceolata*	Blattstiel		×
Fam. *Apocynaceae*			
18. *Nerium Oleander*	Sproß	×	0
Fam. *Cucurbitaceae*			
19. *Cucurbita pepo*	Sproß	×	0
Fam. *Compositae*			
20 *Leontodon* spec	Blattstiel		×
Fam. *Liliaceae*			
21. *Dracaena rubra*	Sproß	×	0
22 *Agapanthus umbellat.*	Blatt		0
Fam. *Commelinaceae*			
23. *Tradescantia multic.*	Sproß	×	0
24 *Tradescantia zebrina*	Sproß		0
25. *Rhoeo discolor*	Sproß		0
Fam. *Gramineae*			
26. *Zea Mays*	Sproß	×	0
Fam *Musaceae*			
27. *Musa Cavendishi*	Blattnerv	×	0
Fam. *Araceae*			
28. *Monstera deliciosa*	Luftwurzel	×	0

Es ist übrigens leicht erklärlich, daß präzise Angaben über die Art der Anheftung der Schraubenbänder in der Literatur verhältnismäßig selten sind, weil sich diese Details ihrer Kleinheit wegen der Beobachtung leicht entziehen, wenn bei der Untersuchung nicht von vorneherein das Augenmerk darauf gerichtet wird. Auch der Verfasser konnte — im Gegensatze zu Rothert, der die Untersuchungen als mit Trockenobjektiven und Wasserimmersion leicht durchführbar bezeichnet — ein eindeutiges Bild von der Art der Anheftung meist erst durch Anwendung einer Ölimmersion mit 1·25 num. Ap. gewinnen.

Rothert hat aus dem oben erwähnten Ergebnisse seiner Untersuchungen noch eine weitere Folgerung abgeleitet, auf die wegen ihrer prinzipiellen Bedeutung und wegen ihres Zusammenhanges mit dem behandelten Thema an dieser Stelle noch eingegangen werden soll: Russow hat in einer schon vor Rothert's Publikation erschienenen Abhandlung[1] Leiter-, Netz- und Schraubengefäße erwähnt, deren Leisten einen einer Eisenbahnschiene ähnlichen Querschnitt besitzen (ohne allerdings Beispiele anzuführen); diese Angabe ist unter Berücksichtigung der Beobachtungen des Verfassers vielleicht darauf zurückzuführen, daß Russow in erster Linie auf die Skulpturen der Membranen der Leiter- und Netzgefäße geachtet hat, deren Querschnitte auf Längsschnitten tatsächlich vermuten lassen, daß es sich um mit einem stark verschmälerten Stiel aufsitzende Verdickungsleisten handle, tatsächlich liegen bei diesen Gefäßen aber Hoftüpfel vor, die sich von den Hoftüpfeln normaler Bauart, wie sie für die Tracheiden der Koniferen typisch sind, dadurch unterscheiden, daß sie stark, oft über die ganze Gefäßweite, in die Länge gezogen sind. Auch Rothert[2] weist auf die Ähnlichkeit des Querschnittsbildes von mit verschmälerter Basis aufsitzenden Verdickungsleisten mit dem Aussehen typischer Hoftüpfel hin, die ohne Berücksichtigung der Flächenansicht der Gefäßwand zu Verwechslungen führen kann und bezeichnet in Konsequenz dieser teilweisen Übereinstimmung des anatomischen Baues die nach außen verbreiterten Zwischenräume zwischen den ringförmigen oder schraubigen Verdickungsleisten geradezu als »ringförmige, respektive spiralige Hoftüpfel«. Er begründet diese Erweiterung des Begriffes »Hoftüpfel« damit, daß das wesentliche Kriterium eines Tüpfels, beziehungsweise Hoftüpfels nur in dem Vorhandensein einer dünnen Stelle in einer verdickten Membran anzusehen sei und daß dieses Kriterium auch für die von ihm angegebene erweiterte Definition zutreffe. Der Verfasser glaubt, dieser Interpretation nicht beipflichten zu können.

Wie sich aus der Entwicklung des Hoftüpfelbegriffes ergibt, die von dem typischen Koniferen-Hoftüpfel ausgegangen ist, sind neben dem schon von Rothert erwähnten Merkmal als weitere integrierende Merkmale des Hoftüpfels einerseits die Geschlossenheit der Kontur des Porus, andrerseits die genau korrespondierende Lage der Tüpfel in benachbarten Gefäßen anzusehen; beide Merkmale sind auch bei den als in die Länge gezogene Hoftüpfel definierten Skulpturen der Membranen der Leiter- und Netzgefäße vorhanden, sie fehlen jedoch vollständig, wenn die Zwischenräume zwischen schraubigen und ringförmigen Verdickungsleisten ebenfalls als Hoftüpfel definiert werden sollten. Schon diese Tatsache läßt die von **Rothert** vertretene erweiterte Interpretation des Hoftüpfelbegriffes aus anatomischen Gründen als kaum annehmbar erscheinen. Dazu kommen noch schwerwiegende Bedenken physiologischer Natur, die zwar, da es sich bei ihnen zum Teil um teleologische Spekulationen handelt, verminderte Beweiskraft besitzen, aber doch gerade bei einer Begriffsbestimmung nicht unberücksichtigt bleiben dürfen. Es kann nämlich die Anlegung von ringförmigen und schraubigen Verdickungsleisten, die mit ganz wenigen Ausnahmen (*Taxus*) auf die Gefäße einjähriger Sprosse und bei mehrjährigen Pflanzen auf die Gefäßprimanen beschränkt bleibt, kaum anders erklärt werden als mit einer mechanischen Aussteifung der schon sehr frühzeitig turgorlosen, dünnwandigen Gefäße gegen den äußeren Druck des umgebenden, turgeszenten Gewebes und den äußeren Luftdruck, während die Tüpfel und mit ihnen die Hoftüpfel zweifellos Vorrichtungen darstellen, die den Zweck haben, die verdickten Gefäßmembranen für den Flüssigkeitsaustausch permeabel zu machen.

---

[1] Russow, Zur Kenntnis des Holzes, insonderheit des Koniferenholzes, 1883. Sonderabdruck a. d. bot. Zentralblatt, T. XIII, Nr. 1—5.

[2] W. Rothert, Anzeiger, l. c., p. 24; siehe ferner »Handwörterbuch der Naturwissenschaften«, IV. Bd., p. 1170.

Aus diesen beiden Erwägungen kann auch die weitere Folgerung **Rothert's**, daß »...die Membranstruktur bei allen Gefäßen prinzipiell die gleiche ist. Alle Arten von Gefäßen sind durch das Vorhandensein von Hoftüpfeln ausgezeichnet; die Unterschiede zwischen ihnen sind untergeordneter Natur und betreffen nur die Form der Hoftüpfel in der Aufsicht...« nicht unwidersprochen bleiben, ganz abgesehen davon, daß nach den früher erwähnten Untersuchungen des Verfassers die Angaben **Rothert's** über das fast allgemeine Vorhandensein stark verschmälerter Ansatzstellen der Verdickungsleisten einer weitgehenden Einschränkung bedürfen, wodurch auch eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Folgerungen **Rothert's** entfällt. Im übrigen erwähnt der mehrgenannte Autor selbst, daß die korrespondierende Anordnung der Hoftüpfel bei Ring- und Schraubengefäßen nicht vorhanden ist, erachtet diesen Unterschied jedoch als keineswegs durchgreifend.

Um über das Zutreffen des zweiten von **Rothert** für die Abrollbarkeit der Schraubenbänder angeführten Grundes Klarheit zu gewinnen, wurde die chemische Beschaffenheit der Bestandteile der Gefäßmembran sowohl von Pflanzen mit ausziehbaren, als auch von solchen mit nicht ausziehbaren Schraubenbändern durch Behandlung mit Phloroglucin-Salzsäure (für Verholzung), mit Jod und Schwefelsäure (für Zellulose) und Färbung mit Rutheniumrot (auf Pektingehalt) untersucht.

Aus diesen Untersuchungen, die in Zusammnnstellung II übersichtlich dargestellt sind, ergibt sich zunächst insofern eine gewisse Gesetzmäßigkeit, als mit Ausnahme von *Musa* Membranen und Verdickungsleisten immer eine verschiedene chemische Beschaffenheit zeigen, gleichgültig, ob die Schraubenbänder ausziehbar sind oder nicht, und ohne Rücksicht auf die Art der Anheftung. Die Behauptung **Rothert's**, daß die Abrollbarkeit der Verdickungsleisten auf die verschiedene chemische Beschaffenheit und das Vorhandensein verschmälerter Anheftungsstellen zurückzuführen sei, erweist sich daher als nicht stichhältig. Eine weitere wenigstens teilweise Gesetzmäßigkeit zeigt sich ferner darin, daß mit Ausnahme von *Rhoeo* bei allen Pflanzen, bei denen ausziehare Schraubenbänder festgestellt wurden, die Verdickungsleisten verholzt sind, die Membranen hingegen aus reiner Zellulose bestehen, während bei den Pflanzen ohne ausziehbare Verdickungsleisten die Membranen in sechs von acht Fällen Pektineinlagerung besitzen. In dem Fehlen von Pektinstoffen, die vermöge ihrer Konsistenz ein festeres Haften der Leisten an der Membran zur Folge haben könnten, wäre vielleicht ein Hinweis auf die Ursache der leichten Abrollbarkeit der Schraubenbänder zu erblicken; dieser Annahme steht jedoch die Tatsache entgegen, daß einerseits auch bei *Rhoeo* die Schraubenbänder trotz des Pektingehaltes der Gefäßmembran leicht abrollbar sind und andrerseits die Schraubenbänder von *Boehmeria* sich nicht abrollen lassen, trotzdem hier wie bei den Pflanzen mit abrollbaren Bändern die Leisten verholzt sind, die Membranen jedoch aus reiner Zellulose bestehen.

Die chemische Beschaffenheit der Gefäßbestandteile gibt demnach keine befriedigende Erklärung für die Abrollbarkeit der Schraubenbänder.

Auch in rein mechanischer Hinsicht mangelt eine eindeutige Erklärung; es könnte angenommen werden, daß Schraubenbänder mit sehr geringer Steigung ähnlich wie Schraubenfedern eine Initialspannung aufweisen, die dann ein Hinausschnellen des Bandes beim Zerreißen des Pflanzenteiles zur Folge hat. Aus einem Vergleich der Gefäße beispielsweise von *Agapanthus* mit jenen von *Plantago* ergibt sich jedoch, daß einerseits in derselben Pflanze (*Agapanthus*) die Verdickungsleisten in dem einen Gefäß sehr geringe, in dem benachbarten dagegen eine sehr starke Steigung aufweisen, andrerseits die Verdickungsleisten der Gefäße von Pflanzen mit nicht abrollbaren Bändern (*Plantago*) mit so geringer Steigung angelegt sind, daß sie dicht aneinanderliegen. Möglicherweise ist die Ursache der leichten Abrollbarkeit darin zu erblicken, daß, wie die Untersuchung bestätigt, bei Pflanzen mit abrollbaren Schraubenbändern die Membranen der Gefäße sehr dünn sind, so daß die Verdickungsleisten in ihnen nur einen schwachen Halt finden, der beim Zerreißen des Pflanzenteiles von den zugfesten und relativ starren Verdickungsleisten leicht überwunden wird, während bei größerer Dicke der Gefäßwand ceteris paribus ein größerer Anteil derselben an der Festhaltung der Verdickungsleiste beteiligt ist und so das Abrollen verhindert.

Hingegen zeigt eine Untersuchung der herausgezogenen Schraubenbänder, die keinerlei Reste der Gefäßwandungen erkennen lassen, in Bestätigung der Angaben Rothert's und im Gegensatze zu jenen de Bary's, daß die Verdickungsleisten tatsächlich von der Membran losgelöst und nicht mit Teilen der Gefäßmembran herausgerissen werden.

III. Zusammenfassung.

a) Die Ausziehbarkeit der Fibrovasalbündel und Zentralzylinder ist auf das Vorhandensein eines geschlossenen, im Querschnitte einfach (meist kreisförmig) konturierten, aus dickwandigen Zellen bestehenden Stereomzylinders sowie darauf zurückzuführen, daß die radialen Membranen der Zellen des an das Stereom unmittelbar anschließenden Gewebes sehr dünnwandig, in einzelnen Fällen sogar mit feinen Tüpfeln versehen sind.

b) Die Ausziehbarkeit der Bastbündel von *Campelia* hat ihren Grund vermutlich in erster Linie in der Elastizität und Zugfestigkeit der Bastzellen, die in dem dünnwandigen Mestom und Blattparenchym nur einen schwachen Halt finden, so daß sie später abreißen als das Blattgewebe und daher leicht herausgezogen werden können.

c) Bezüglich der Art der Anheftung und der Abrollbarkeit der Schraubenbänder ergibt sich:

1. Die ringförmigen und schraubigen Verdickungsleisten der Gefäße liegen der Membran in der Regel mit ihrer ganzen Breite an. Eine Anheftung mit verschmälertem Fuß, die nach Rothert (l. c.) allgemein verbreitet sein soll, ist nur auf einzelne Pflanzen und auch bei diesen meist nur auf einzelne Gefäße und einzelne Verdickungsleisten beschränkt. Deshalb und aus anderen Gründen anatomischer und physiologischer Natur kann der gleichfalls von Rothert vertretenen erweiterten Interpretation des Hoftüpfelbegriffes nicht beigepflichtet werden, es sind vielmehr als Hoftüpfel nach wie vor nur die typischen Hoftüpfel mit rundem Porus (nach dem Typus der Koniferentüpfel) und die in die Länge gezogenen Tüpfel der Leitergefäße der Farne und der Tracheen der dikotylen Holzgewächse anzusehen.

2. Die bei einzelnen Pflanzen zu beobachtende Ausziehbarkeit der Verdickungsleisten der Schraubengefäße beruht auf einer Ablösung der Leisten von der Gefäßmembran, wobei letztere unversehrt bleibt. Sie steht mit der Art ihrer Anheftung an der Gefäßmembran in keinerlei Zusammenhang, die Mehrzahl der der Membran mit verschmälertem Fuß aufsitzenden Verdickungsleisten ist vielmehr nicht abrollbar.

3. Die chemische Beschaffenheit der Verdickungsleisten weicht in der überwiegenden Mehrzahl der untersuchten Fälle von jener der Gefäßmembran ab, ohne daß es jedoch möglich wäre, einen Zusammenhang zwischen der Abrollbarkeit und der chemischen Beschaffenheit festzustellen.

4. Die Frage nach dem Grunde der Abrollbarkeit der Schraubenbänder ist demnach noch als ungeklärt anzusehen; möglicherweise ist die Abrollbarkeit auf die geringe Dicke der Gefäßmembran und die verhältnismäßig große Starrheit der Verdickungsleisten zurückzuführen.

Gedruckt auf Kosten des Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Das akryogene Seeklima und seine Bedeutung für die geologischen Probleme der Arktis

Von

Fritz Kerner-Marilaun

k. M. Akad. Wiss.

(Vorgelegt in der Sitzung am 18. Mai 1922)

Das Aufruhen der dünnen, hocherwärmten Oberflächenschicht des Ozeans auf kälterer Unterlage ist der lichten Übertünchung eines dunklen Wandanstriches zu vergleichen. Wie da ein Darüberfahren mit dem Finger genügt, um den Untergrund durchschimmern zu lassen, zieht im Weltmeere jede Längs- und Querzerrung, jede Divergenz von Triften und jede durch Strombeschleunigung erzeugte Druckentlastung schon Auftriebserscheinungen nach sich. Es bedarf nicht besonderer Küstengestaltungen und starker ablandiger Winde, damit Tiefenwasser reichlich emporquillt, schon im offenen Meere treten die bekannten Kaltwasserflecke auf.

Als Erkalter des Weltmeeres wirken zunächst die Eisberge antarktischer Herkunft; sie kühlen die Oberfläche der Südozeane bis in mittlere Breiten noch merkbar ab und gelten als die Haupterzeuger der tiefen Bodentemperaturen in den Meeresräumen der Tropen. Aber auch von einer mit Meereis bedeckten Antarktis würden stärkere erkaltende Fernwirkungen ausstrahlen als von einem sich bis nahe zum Gefrierpunkt abkühlenden, aber noch offen bleibenden Südpolarmeere, obschon da auch von der Oberfläche des Zirkumpolargebietes, das bei Eisbedeckung seinen Untergrund wenig abkühlen könnte, kaltes Wasser in die Tiefe sänke. Es drängt sich so, wenn man zu paläoklimatologischen Zwecken das Problem der ozeanischen Wärmeverteilung auf breiterer Basis, als dies bei der gewohnten Ableitung des reinen Seeklimas der Fall ist, zu betrachten sucht, die Frage auf, inwieweit, wenn die Tropenmeere nicht selbst schon durch eisbedeckte Polarhauben thermisch beeinflußte wären, bei dem den Strahlungsverhältnissen entsprechenden zonalen Wärmegefälle die Poltemperatur auf einer Wasserhemisphäre sich über den ihr im Seeklima gebräuchlichen Sinnes zugemessenen Wert erhöbe.

Ein solches nichteisbürtiges »akryogenes« Seeklima wäre aber noch als ein von horizontalen und vertikalen Ausgleichsströmungen beherrschtes anzusehen und nicht als jene Abstraktion eines völlig konvektionsfreien Seeklimas, wie es Zenker theoretisch bestimmt hat. Für die Berechnung des im vorigen begrifflich festgelegten Klimas sind aber naturgemäß wie bei jeder Ableitung einer zonalen Temperaturverteilung mittlere, von abkühlenden und erwärmenden Einflüssen möglichst freie Wassertemperaturen zu verwenden.

Berechnung des akryogenen Seeklimas.

Am ehesten möchte man hoffen, in den windstillen Zentren der subtropischen Stromkreise konvektionsfreie Meerestemperaturen zu finden. Der Unterschied zwischen Nord und Süd sollte hier auf einen der Strahlungsdifferenz (in gleicher Breite) entsprechenden Betrag beschränkt sein. Bestimmt man aber aus den Isothermenkarten der Deutschen Seewarte-Atlanten die mittleren Jahrestemperaturen für jene Stillengebiete, so ergibt sich folgendes Bild.

	N. A	N. P	S. A.	S. P
Februar	20·4	18·9	24·2	21·9
Mai	21·9	22·4	20·6	19·7
August.	26·7	26·2	17·3	17·7
November	23·4	23·2	18·7	19·3
Jahr	23·1	22·7	20·2	19·7

Nord Atlantik...	Mittel aus	45, 50 und 55	W. L. v. Greenw.
Nord Pazifik....	» »	160, 165 » 170	E. L. v. Greenw.
Süd Atlantik....	» ›	15, 20 » 25	W. L. v. Greenw.
Süd Pazifik.....	» »	125, 130 » 135	W. L. v. Greenw.

Man könnte geneigt sein, diesen Sachverhalt in gewohnter Weise aus dem Übertritt warmen Wassers aus den Süd- in die Nordtropen herzuleiten. Schon dann läge es nahe, die Temperatur in 30° S. als unternormal zu betrachten und als konvektionsfreien Normalwert den arithmetischen Durchschnitt aus Nord und Süd anzusehen. Die Bedingungen für eine große positive thermische Anomalie sind aber erst polwärts von 40° Nordbreite gegeben, da die Warmwasserströme um die westliche Hemiperipherie der subtropischen Pleiobare herumziehen. Es wäre seltsam, daß der durch das vorerwähnte Strömungsphänomen bedingte Temperaturüberschuß schon dort, wo er am geringsten sein muß, 3° betragen sollte und daß er im Pazifischen Ozean fast so groß wäre wie im Atlantischen, obwohl doch die Warmwasserzufuhr im Verhältnis zur zu heizenden Fläche im Nordteile des letzteren viel größer ist. Diese Umstände sprechen dafür, daß die konvektionsfreie Normalwärme in 30° Gleicherabstand eher im nördlichen als im südlichen Stillen Ozean zu suchen sei. Der nordpazifische Ozean ist das einzige Weltmeer, das keine Abkühlung durch an seinen Küsten gebildete Eisberge erfährt. Daß im nordatlantischen Ozean eine solche vorhanden, bedingt es, daß dort trotz stärkerer Wärmezufuhr die Temperatur im Stillenzentrum nur wenig höher ist als im pazifischen Weltmeere. Daß die Temperaturen in den Stillen der Südozeane einander ähnlich sind, ist noch kein Beweis ihrer Normalität. Sie können unter analogen Bedingungen auch in ähnlichem Maße herabgedrückte sein.

Es empfahl sich, diese Erwägungen rechnerisch zu begründen. Positive Konvektionswirkungen in den Zentren der subtropischen Stillen mögen an erster Stelle vom Verhältnis der Passattriftfläche zur Zonenfläche zwischen 20° und 40° abhängig sein. Je größer die Wassermasse, die sich am Westrand eines subtropischen Hochs zum subpolaren Wirbel hinaufdrängt, desto wahrscheinlicher dünkt es, daß auch das Zentrum der Stille von der Bewegung miterfaßt wird, Stromfäden von Westen her in dasselbe abkurven, insoweit nicht eine Querschnittsverbreiterung durch eine Strombeschleunigung wettgemacht wird.

Die Abkühlung des Oberflächenwassers in den Stillen dürfte — soweit sie durch das Bodenwasser subantarktischer Herkunft bedingt wird — dem mit wachsendem Abstande von der Ursprungsstätte sich vergrößernden abyssischen Verbreitungsgebiete dieses Wassers verkehrt proportional sein — insoweit sie aber von den oberflächlichen Polarströmen herrührt, die sich teils mit den Westwindtriften mischen, teils unter sie hinabtauchen — vom Arealverhältnis der in höhere Breiten reichenden Meeresteile zur Zonenfläche zwischen 40° und 50° abhängen.

Man kommt so zu einem Ausdruck von der Form

$$t = M + A\frac{p}{s} - B\frac{v}{u} - C\frac{}{m},$$

in welchem *M* die von aller Konvektion befreite Temperatur, *A*, *B* und *C* Konstante sind und überdies folgende Flächenbezeichnungen platzgreifen:

p Passattrift (Äquatorialströmung).
s Zone zwischen 20° und 40°.
v Vorgürtel der Antarktis südlich von 50° S.
u die von der Isobathe von 2000 *M* eingeschlossene, sich von 40° S. südwärts, beziehungsweise bis 40° N. nordwärts ausdehnende Fläche.
z die Fläche polwärts von 50°, also auf der Südhalbkugel $z = v$.
m die Zone zwischen 40° und 50° (Westwindtrift).

Als Werte von s, z und m wurden zumeist die von **Karstens**, zum Teil (m in den Südmeeren) die von **Krümmel** erzielten gewählt. Als Werte von p nahm ich die aus den Flächenmessungen dieser Forscher von mir bestimmten (Geographische Analysis der ozeanischen Temperaturen am 45. Parallel; diese Sitzungsber., II a, 1920). Zur seitlichen Begrenzung des Areals des schon sehr niedrig temperierten Tiefenwassers schien die Isobathe von 2000 M gut verwendbar, da in deren Bereich die Temperatur ja größtenteils schon unter 3° liegt. Als Nordgrenze dieses Areals, beziehungsweise als Breite, in welcher kaltes Tiefenwasser durch Vertikalkonvektion aufsteigt, ergab sich der 40. Parallel, auf welchem der rückläufige Ast des subtropischen Stromkreises beginnt.

Die so für das besagte Areal zu nehmenden Werte wurden aus den Isobathenkarten der Deutschen Seewarte-Atlanten unter Rücksichtnahme auf die Breitenkreisverjüngung nach der Trapezmethode von mir bestimmt (in Quadratkilometer)

N. A.	N. P.	S. A.	S. P.
59.600	135.955	11.115	20.740

Der Wert von $\frac{v}{u}$ im Süd Atlantik wurde um $^1/_4$ vermindert, weil dort die Küstenstrecke, längs welcher ein starker Wasserauftrieb erfolgt, nicht von 40 bis 20°, sondern nur von 35 bis 20° reicht. Die so erzielten Werte der Variablen nebst den genauen Werten von t sind:

	t	$\frac{p}{s}$	$\frac{v}{u}$	$\frac{z}{m}$
Nord Atlantik	23·07	1·040	0·184	1·042
Nord Pazifik	22·68	0·696	0·131	1·033
Süd Atlantik	20·22	0·416	0·739	1·473
Süd Pazifik	19·65	0·337	0·861	1·613

Hieraus berechneten sich die Konstanten

$$M = 22\cdot742,\quad A = 1\cdot551,\quad B = 2\cdot805,\quad C = 0\cdot743$$

und ergab sich bei Kürzung auf zwanzigstel Grade die Gleichung

$$t = 22\cdot75 + 1\cdot55\frac{p}{s} - 2\cdot80\frac{v}{u} - 0\cdot75\frac{z}{m}\,.$$

Die Gleichung besagt, daß sich die bis in das Gebiet der Stillen vordrängenden erwärmenden und abkühlenden Einflüsse im Zentrum der nordpazifischen Pleiobare ausgleichen. Eine auf einfache thermogenetische Annahmen gestützte Rechnung bestätigt somit das durch Erwägungen gewonnene Resultat. Da nach Köppen der Überschuß der Wassertemperatur über die Luftwärme in den Tropen und Subtropen 0·2 bis 0·3 beträgt (im Nordatlantik zwischen 20° und 50°, im Mittel 0·24), kann die mittlere Jahrestemperatur der Luft am 30. Parallel im akryogenen Seeklima zu 22·5 gesetzt werden.

Zenker hat wohl ein Verfahren aufgezeigt, die Temperaturverteilung im reinen Seeklima auf Grund nur einer durch Messung gewonnenen Parallelkreistemperatur zu ermitteln, sofern die Thermik des reinen Landklimas auf Grund von Beobachtungen an zwei hochkontinentalen Stationen in verschiedenen Breiten schon bestimmt ist. Abgesehen davon, daß dieses Verfahren aber nicht ganz vorteilhaft erscheint, ist die Festlegung einer zweiten empirischen Normaltemperatur im reinen Seeklima noch nötig, weil man einer solchen bei den verschiedenen anderen Berechnungsweisen bedarf und die Anwendung mehrerer solcher Methoden zwecks gegenseitiger Kontrolle ihrer Resultate sehr geboten ist.

Als Fundort eines zweiten Normalwertes der Seeklimatemperatur kommt im Rahmen dieser Untersuchung der Äquator in Betracht, der von Zenker als solche Fundstätte gerade zu meiden war. Schwankt doch die Mitteltemperatur auf ihm in weiten Grenzen und ist es da sehr schwer, die als normal zu wertende herauszufinden, was aber nötig, weil von ihrer richtigen Wahl der Erfolg der ganzen bis zum Pole vorzutragenden Extrapolation abhängt. Im Rahmen dieser Untersuchung fällt die Wahl auf die Höchstwerte der mittleren Wasserwärme im ostindischen Archipel, da sie die durch ausklingende Fernwirkung der Antarktis am wenigsten berührten sein mögen, andrerseits aber auch nicht als durch das benachbarte Land erhöhte deutbar sind. Man kann da etwa 29° als obere Grenze des Jahresmittels annehmen. Die Luftwärme liegt da, wie Köppen und Seemann gezeigt haben, im Spätsommer und Herbst erheblich, stellenweise bis zu 3° unter der Oberflächenwärme des Wassers. Es handelt sich dabei aber um Ursachen, die in einem inselfreien Tropenozean wohl nicht in gleich hohem Maße erwüchsen. Da das Phänomen zudem auf einen kleineren Teil des Jahres beschränkt bleibt, wird man keinen zu geringen Temperaturabstrich vornehmen, wenn man 28·25 als Jahresmittel der Luftwärme am Gleicher im akryogenen Seeklima ansetzt.

Von den Bestimmungsweisen der zonalen Temperaturverteilung auf Grund zweier durch Beobachtung gewonnener Parallelkreistemperaturen sei zunächst die von Liznar[1] mitgeteilte angewandt. Sie nimmt — sich auf das Gesetz von Stefan stützend — die an der oberen Grenze der Lufthülle zugestrahlten Wärmemengen als Grundlage der Berechnung und meidet so die Unsicherheit, welche aus der schwankenden Bestimmung der bis auf den Grund der Atmosphäre gelangenden Wärmemengen erwächst. Bei Einsatz der vorhin für $\varphi = 0$ und $\varphi = 30$ gewonnenen Temperaturen und der zugehörigen Werte der von Wiener bestimmten Relativmengen der Strahlung (30532 und 26832) in die Formel:

---

[1] Berechnung der Mitteltemperaturen der Breitenkreise aus den an der Grenze der Atmosphäre zugestrahlten Wärmemengen. Met. Zeitschr., 1900. Jänner, p. 30.

$$A'T^4 = J_j - C',$$

in welcher T die absolute Temperatur bedeutet, erhält man für die Konstanten die Werte:

$$A' = 60855 \times 10^{-10} \text{ und } C' = -19570$$

und sodann mittels der Gleichung:

$$T^4 = \frac{J_j + 19570}{60855} \, 10^{10}$$

die folgenden Temperaturen:

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
28·25	27·6	25·7	22·5	18·1	12·5	6·1	0·5	— 2·3	— 3·2

Bei Annahme einer Äquatortemperatur von 28·0 nehmen die Konstanten die Werte

$$A' = 63378 \times 10^{-10} \text{ und } C' = -21494$$

an und ergibt sich als zonales Wärmebild:

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
28·0	27·4	25·5	22·5	18·3	13·0	6·8	1·5	— 1·2	— 2·0

Setzt man für J_j an Stelle der Relativwerte Wiener's die von Meech bestimmten Thermaltage ein, so erhält man als Konstanten:

$$A = 72763 \times 10^{-12} \text{ und } C = -233{\cdot}76.$$

Die bei Einführung dieser Werte erzielten Temperaturen stimmen mit den obigen bis in die dritte Dezimale überein.

An zweiter Stelle kommt von den Methoden zur Bestimmung des zonalen Wärmebildes die von Zenker[1] in seiner Notiz über solare Temperaturen aufgezeigte in Betracht. Auch sie stützt sich auf das Gesetz von **Stefan**, wählt aber die am Grunde der Lufthülle anlangenden Wärmemengen als Basis für die Berechnung. **Zenker** wandte diese Methode nur für die Bestimmung des reinen Landklimas an. Versucht man es, sie zur Ermittlung des reinen Seeklimas zu verwerten, so verliert die Größe t_k allerdings ganz die Bedeutung, ein Ausdruck für die »Temperatur des Weltraumes«, beziehungsweise für die »in den äußersten Atmosphärenschichten herrschende, infolge der inneren Erdwärme auf ihre Höhe gebrachte Temperatur« zu sein, eine Auffassung **Zenker**'s, gegen die **Pernter**[1] ohnedies Stellung nahm.

---

[1] Über solare Temperaturen. Met. Zeitschr., 1896, Sept., p. 361.

Die Temperaturzahl $t_k = T_k - 273$ hat dann nur die Bedeutung einer Rechnungsgröße.

Setzt man die für den Gleicher und für den 30. Parallel gewonnenen Temperaturen und die zu ihnen gehörigen Strahlenmengen Y (25394 und 21706) in den Ausdruck

$$\frac{Y}{A} = T^4 - T_k^4$$

ein, in welchem T wieder die absolute Temperatur bedeutet, so erhält man als Konstantenwerte:

$$A = 60659 \times 10^{-10} \text{ und } T_k = 252 \cdot 21$$

und sodann mittels der Formel

$$T^4 = \frac{Y}{60659} \cdot 10^{10} + 40466 . 10^5$$

folgende Temperaturen, denen die für eine Gleichertemperatur von 28·0 mit den Konstanten

$$A = 63173 \times 10^{\ 10} \text{ und } T_k = 254 \cdot 41$$

erzielten sogleich angereiht seien ($T_k^4 = 41891 . 10^5$).

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
28·25	27·6	25·7	22·5	18·1	12·6	6·3	0·6	—2·5	– 3·0
28·0	27·4	25·5	22·5	18·3	13·0	7·0	1·6	—1·3	—1·8

Ein **dritter** Weg zur Bestimmung der Breitenkreistemperaturen wurde von **Zenker** in seinem großen Hauptwerke[2] gewiesen. Er folgt dem Dulong-Petit'schen Strahlungsgesetz, das aber bei Zenker nicht in seiner ursprünglichen Schreibart:

---

[1] Met. Zeitschr., 1896, April, Literaturbericht.

[2] Der thermische Aufbau der Klimate. Halle 1895.

$$v = Ma^{\vartheta}(a^{t}-1),$$

sondern in der der besonderen Verwendungsweise angepaßten Form

$$YC = a^{\tau}-a^{K}$$

erscheint, wobei a die von Dulong und Petit zu 1·0077 bestimmte Konstante ist (log. Brigg $= 1:300$), $\tau = \vartheta + t$ die Temperatur des erkaltenden Körpers, $K = \vartheta$ die Temperatur der Hülle bedeutet und C alle anderen konstanten Einflüsse in sich faßt. Auch hier legte Zenker die nach dem Durchgang der Sonnenstrahlen durch die Lufthülle sich ergebende solare Wärmeverteilung zugrunde. Er bestimmte die Konstanten C und K für das reine Landklima und dann unter Beibehaltung der für K gefundenen Zahl durch Einsatz der Werte von Y und τ für den konvektionsfreien 30. Parallel die Konstante C für das Seeklima.

Die dann für die übrigen Breitenkreise erzielten Werte von τ schienen ihm den ozeanischen Konvektionseinfluß voll aufzuzeigen. Die positive Konvektion ergibt sich da aber — polwärts wachsend — für die hohen Breiten als unverhältnismäßig groß. Hierin spiegeln sich die besonderen Verhältnisse der Jetztzeit wieder. Bei der Suche nach einer theoretischen Wärmeverteilung, die kein Spiegelbild der heutigen Sachlage sein soll, empfiehlt es sich daher, die vorangeführte Formel auch für das Seeklima so, wie es Zenker für das Landklima tat, zu benutzen, wobei dann freilich die Größe K auch wieder die ihr von Zenker zugedachte Bedeutung verliert. Setzt man die früher für $\varphi = 0$ und $\varphi = 30$ angenommenen Strahlungsmengen und Temperaturen für Y und τ ein, so bekommt man als Konstantenwerte:

$$C = 14544 \times 10^{-9} \quad \text{und} \quad a^{K} = 0{\cdot}87281$$

und dann mittels der Gleichung

$$1{\cdot}0077^{\tau} = 14544 \times 10^{-9}\, Y + 0{\cdot}87281$$

folgende Temperaturen:

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
28·25	27·6	25·7	22·5	18·1	12·7	6·6	1·3	−1·5	−2·0

Bei Annahme einer Gleichertemperatur von 28·0 werden mit den Konstantenwerten

$$C = 13951 \times 10^{-9} \quad \text{und} \quad a^K = 0{\cdot}88568$$

nachstehende Temperaturen gewonnen:

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
28·0	27·4	25·5	22·5	18·3	13·1	7·3	2·3	−0·4	0·9

Als ein viertes, im Vergleiche zu den früheren wohl sehr einfaches Verfahren der Bestimmung des zonalen Wärmebildes sei noch jenes angewandt, dessen sich Zenker in seiner ersten größeren Arbeit[1] bediente: die Ableitung der Parallelkreistemperaturen aus den Strahlungsdifferenzen gegen einen von zwei Breitenkreisen, für die sich als normal zu wertende Temperaturen ermitteln lassen. Die so gewonnene Wärmeverteilung ist:

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
28·25	27·6	25·7	22·5	18·3	13·3	7·9	3·4	1·1	0·7

Hier wurden wie bei der zweiten und dritten Methode die von Zenker in der vorgenannten Arbeit erzielten fünfstelligen Strahlungswerte benutzt. Nimmt man die von ihm später mitgeteilten vierstelligen Werte ($\varphi = 0{:}2528$, $\varphi = 90.0761$), so erhält man:

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
28·25	27·6	25·7	22·5	18·3	13·2	7·9	3·5	1·2	0·8

Bei der Ableitung aus den Strahlungsdifferenzen erhält man sonach für die polnahen Breiten höhere Temperaturen als nach den ersten drei Methoden, die ziemlich übereinstimmende Werte ergeben. Dem von verschiedenen Forschern berechneten reinen Seeklima kann das akryogene Seeklima, soweit seine Ableitung auf anderen Gesichtspunkten fußt, nicht verglichen und nur gegenübergestellt werden. Zu diesem Zwecke mag es genügen, von einigen dieser Berechnungen die Hauptwerte anzuführen.

Die Zahlen 0·6 und 0·7 bei Precht (1894) bedeuten die angenommenen Transmissionskoeffizienten.

---

[1] Die Verteilung der Wärme auf der Erdoberfläche. Berlin 1888.

Autor	0	30	60	90
Precht (0·6)	26·4	18·3	0·7	— 9·0
Spitaler (1885)	22·2	16·3	2·8	— 9·5
Hann (1896, Febr.) .	26·0	18·1	—0·2	— 9·6
Precht (0·7)	26·7	18·5	0·1	—10·0
Hann (1896, Mai)...	26·0	18·1	—0·7	—10·3
Forbes (1859)	22·1	16·6	3·0	—10·8
Liznar (1900)	25·7	19·0	—0·7	—12·2
Marchi (1895)......	22·1	17·6	0·5	—12·5
Liznar (1911)	23·9	17·3	—2·1	—13·5
Spitaler (1921)......	24·2	17·3	—1·6	—20·6

Für einen Vergleich kommen nur jene Ableitungen der ozeanischen Wärmeverteilung, welche die höchsten Werte ergaben, in Betracht.

φ	Sartorius		Akryogenes Klima		Zenker	
	Nord	Sud	I.	IV.	1888	1893
0	26·4	26·4	28·25	28·25	26·2	20·1
10	26·1	25·0	27·6	27·6	25·4	25·3
20	24·2	22·0	25·7	25·7	23·0	23·0
30	20·9	17·7	22·5	22·5	19·2	19·3
40	16·7	12·6	18·1	18·3	14·0	14·3
50	12·1	7·3	12·5	13·3	8·0	8·4
60	7·8	2·3	6·1	7·9	1·5	1·9
70	4·2	—1·7	0·5	3·4	—4·5	—3·4
80	1·9	—4·3	—2·3	1·1	—6·8	—5·9
90	1·1	—5·2	—3·2	0·7	—7·25	—6·7

In den höheren Breiten fällt der Berechnungsspielraum des akryogenen Seeklimas (I. und IV. Bestimmungsmethode) in den Zwischenraum der von Sartorius v. Waltershausen für die beiden Halbkugeln abgeleiteten Meeresklimate. Das von diesem Forscher mitgeteilte nordhemisphärische Seeklima stellt aber — da zu seiner Bestimmung die sehr hyperthermen Stationen Thorshaven und Reykjavik mitbenutzt wurden — nicht die zonale Wärmekurve auf einer Wasserhalbkugel, sondern die im Herrschaftsbereiche einer kraftvollen, polwärts strebenden Trift dar.

Zenker hat seine Berechnungen einerseits auf die südpazifische Temperatur am 30., andrerseits auf die am 20. und 50. Parallel gestützt (zwischen 180 und 120° W L.). Wenn Zenker für letztere das Fehlen einer polaren Abkühlung im Hinblick auf den den Breitenkreisen parallelen Lauf der Isothermen annahm, so war das insoferne nicht begründet, als dort die Bedingungen für eine in breiter Front gleichmäßig vordringende Abkühlung gegeben sind. In der Tat erscheint auf der Strömungskarte des Südsommers im Deutschen Seewarte-Atlas von 175 bis 120° W L. gerade der 50. Parallel als Nordgrenze häufigeren Treibeises. Als solcher kann er doch nicht schon als ein von der antarktischen Vergletscherung thermisch unbeeinflußter gelten!

Die Gründe, welche dafür sprechen, daß in den vorgenannten Längen auch noch in 30° Südbreite thermische Fernwirkungen der Antarktis vorhanden sind, wurden früher schon angeführt und durch eine Rechnung erläutert (p. 2 u. 3). Es ist klar, daß die Tropen- und Subtropensonne mit voller Kraft auf die weit ausgedehnten Flächen des südpazifischen Ozeans strahlend, diese bis zu der dem Solarklima entsprechenden Höhe erwärmen muß. Es sind aber Anlässe gegeben, daß der so zu erreichende thermische Zustand gestört wird. Es ist dabei nicht stets an ein Aufquellen kalten Wassers an Ort und Stelle zu denken.

Der 20. und 30. Parallel liegen in den »submarinen Roßbreiten« Krümmel's, den auf der Karte der Isothermen in 400 *m* Tiefe so klar hervortretenden Zonen mit Wärmetransport nach unten, es greift aber als Fernwirkung der antarktischen Eiskappe eine Durchkühlung des gesamten Südozeans Platz, die größer ist als jene, welche beim Bestande eines kalten, offenen Polarmeeres stattfände. So möchte es scheinen, daß die Strahlungsdifferenzrechnung Zenker's eine um ein Geringes zu starke Krümmung der zonalen Warmekurve ergab, die bei der Extrapolation bis zum Pol und Äquator entsprechend zur Geltung kam. Die für das akryogene Seeklima angesetzte Gleicherwärme bleibt noch um 1·4° unter der von Zenker für eine ganz konvektionsfreie Wärmeverteilung gefundenen. Es ist so bei jenem Wärmeansatze eine mäßige negative Konvektionswirkung auf den Äquator noch in Erwägung gezogen.

Aus der höheren Gleicherwärme und dem geringeren zonalen Temperaturgefälle ergibt sich für das akryogene Seeklima eine erheblich höhere Temperatur am Pole als für das reine Seeklima in gewohnter Auffassung. Dies ladet zu einer Überprüfung des Problems des polaren Seeklimas ein. Bei der Erörterung der Unzulänglichkeit der Temperaturformel von Forbes zu Extrapolationen für die Grenzwerte von *u* beschränkt sich Woeikof[1] darauf, die

---

[1] Klimate der Erde, I, 333.

Poltemperatur von —10·8° als an die Voraussetzung der Eisfreiheit des Pols geknüpft zu bezeichnen, wobei er sie als zu tief ablehnt, weil die Luftwärme beim Fehlen aller Landeinflüsse nicht 7° unter die Wasserwärme sinken könne. Er spricht sich aber nicht darüber aus, ob jene Voraussetzung statthaft sei.

Hann[1] sagt dagegen: »In Wirklichkeit würde ja auch auf einer reinen Wasserhemisphäre der Pol doch mehr weniger eisbedeckt sein, würden also die Formeln ihre Gültigkeit verlieren.« Und an früherer Stelle[2] heißt es: »Wenn man die Temperatur des Poles auf einer Wasserhalbkugel zu —9° bis —10° findet, so ist dies natürlich eine Fiktion, denn selbst das Seewasser kann nicht unter —3° bis —4° erkalten, ohne zu gefrieren und die Jahrestemperatur der Luft über offenem Seewasser dürfte deshalb kaum tiefer als —5° bis —6° angenommen werden können; bildet sich aber Eis, dann haben wir eine Poltemperatur wie bei Landbedeckung.« Bei dieser Festlegung des unteren Grenzwertes für das reale Seeklima am Pole kann die Temperatur von —6° aber nur als Punkt der Thermometerskala für sich und nicht als Jahresmittel gedacht sein, denn als solches ist sie ja an den Mitbestand einer um mehrere Grade tieferen Wintertemperatur geknüpft und dann selbst schon eine Fiktion. Das reale Seeklima erreicht somit seine Polargrenze dort, wo die Temperatur des kältestes Monates unter —6° hinabgeht.

Die Berechnungen des reinen Seeklimas betrafen zumeist nur die mittlere Jahrestemperatur. Die von Zenker erzielten solaren Monatstemperaturen des Seeklimas schienen ihrem Autor selbst nicht sehr vertrauenswert zu sein, da er ihre Berechnungsgrundlagen selbst als anfechtbar bezeichnete. Eine aus alter und eine aus neuester Zeit stammende Bestimmung der ozeanischen Amplituden am Pole weichen sehr voneinander ab. Der von Sartorius v. Waltershausen gefundene Wert von 10·9° ist entschieden zu hoch, der jüngst von Spitaler mitgeteilte von 3° erheischt zumindest eine Verdoppelung, da er der Strahlungsdifferenz entspricht und diese am Pole zwischen den beiden Solstitien nur so groß ist wie zwischen dem Sommersolstitium und den Nachtgleichen.

Die Wärmeschwankung ist theoretisch dem Breitensinus proportional und der von Sartorius gefundene zonale Amplitudengang entspricht auch diesem Sachverhalt. Seine Schwankungswerte schmiegen sich (mit einer Ausnahme) der Relation

$$A\varphi = A_0 + (A_{90} - A_0) \sin \varphi$$

gut an, wie folgende Zusammenstellung der nach ihr bestimmten und der ursprünglichen Werte zeigt:

---

[1] Klimatologie, III. Aufl., I, 331.

[2] Klimatologie, II. Aufl., I, 209.

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1·5	3·1	4·7	6·2	7·5	8·7	9·6	10·3	10·8	10·9
1·5	3·1	4·7	6·1	7·5	8·6	10·2	10·3	10·8	10·9

Hiernach würde sich, wenn man mit Zenker die ozeanische Wärmeschwankung am Gleicher zu 0·3, jene am 30. Parallel zu 4·0 ansetzt, als Schwankung am Pole 7·7 ergeben. Die mit Hilfe der von Zenker bis zum 60. Parallel bestimmten Amplitudenwerte durchgeführte Ausgleichsrechnung ergibt die Formel

$$A\varphi = 0\cdot468+6\cdot759 \sin \varphi,$$

aus welcher man folgende Amplituden erhält, denen die der Rechnung zugrunde gelegten beigesetzt seien:

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0·5	1·6	2·8	3·8	4·8	5·6	6·3	6·8	7·1	7·2
0·3	1·6	2·9	4·0	5·0	5·7	6·0	-	—	—

Für die Wärmeschwankung auf der Wasseroberfläche erhält man für das Bogenstück zwischen 110 und 160° W v. Gr. im südpazifischen Ozean aus dem Deutschen Seewarte-Atlas (Februar bis August):

20	25	30	35	40	45
2·75	3·95	4·25	4·70	5·35	5·15

Hieraus berechnet sich als theoretischer, vom wirklichen durch ein Maximum in den Subtropen gekennzeichneten Gange sehr abweichender zonaler Amplitudengang[1]

$$A\varphi = 0\cdot868+6\cdot569 \sin \varphi$$

mit folgenden Zehngradwerten:

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0·9	2·0	3·1	4·2	5·1	5·9	6·6	7·0	7·3	7·4

---

[1] Bei Weglassung des 45. Parallels erhält man die Formel $A\varphi = 0\cdot257+ +7\cdot946 \sin \varphi$ und somit als Schwankung am Pole 8·2.

Man erhält so als Wärmeschwankung auf einem eisfreien ozeanischen Pole für Wasser und Luft ungefähr 7·5°. Es stimmt dies gut zu der von Hann[1] gefundenen Gleichung

$$a = 2\cdot 12 + 7\cdot 01 \sin \varphi,$$

denn das konstante Glied derselben wurde mit Einbezug der Stationen Zanzibar ($a = 2\cdot 9$) und Ascension ($a = 3\cdot 7$, zwar rein ozeanisch, aber abnorm) erhalten und ist so gewiß größer als das für einen reinen Wasseräquator.

Bei Sartorius ist am 80. Parallel und am Pole das arithmetische Mittel der extremen Monate dem Jahresmittel genau gleich. So würde sich unter der hypothetischen Annahme, daß der Temperaturgang bei den höheren Werten des akryogenen Seeklimas dem im kühleren, aus der Thermik des Südpazifik erschlossenen Seeklima analog wäre, als Temperatur des kältesten Monates im ersteren Klima —5·75 ergeben, wenn man im Durchschnitt der berechneten Werte das Jahresmittel zu —2·0 annimmt.

Das akryogene Seeklima ist somit zugleich akryophor, d. h. wenn man aus von den Eisschmelzwässern subantarktischer Herkunft unbeeinflußten ozeanischen Temperaturen niedriger Breiten die Poltemperatur extrapoliert, gelangt man zum unteren Grenzwert des realen, d. i. eisfreien Seeklimas am Pole.

Zugunsten der hier entwickelten Auffassung spricht es, daß sie durch ein auf ganz anderem Wege und gänzlich unabhängig von dem vorigen erzieltes Forschungsergebnis gestützt wird; durch das Ergebnis einer geographischen Analyse der Jännertemperatur auf einem mittleren arktischen Parallel.

Geographische Analysis der Jännertemperatur am 75. Parallel.

Durch das Emportauchen von Land, vornehmlich im gemäßigten Gürtel, wird auf wasserbedeckten Breitenkreisen in der Polarhaube das gleichmäßige Seeklima durch einen sehr wechselvollen Temperaturzustand verdrängt. Meridional gestreckte Küsten gleicherwärts vom Polarkreise dienen den lauen Triften als Führung zu einem Vordringen über jenen Kreis hinauf. Unter ihrem Einflusse kann die Winter- und Jahrestemperatur örtlich weit über die des Seeklimas steigen. Südlich benachbartes Festland drückt sie unter das ozeanische Mittel hinab als Bringer kalter Luft und als Spender von Flußwasser, das bei höherer Temperatur gefrierend als die Salzflut, den kritischen Punkt, bei welchem das reale Seeklima in das Kontinentalklima umschlägt, emporrückt. Die morphologischen Ursachen zu positiven Wärmeanomalien auf einem wasserbedeckten arktischen Parallel schließen somit schon die Anlässe zu negativen Anomalien in sich. Doch wäre es kaum statthaft, einen Ausgleich der thermischen Gegensätze auf einem solchen Parallel zu erwarten und seine Durchschnittstemperatur noch als die des Seeklimas anzusehen, wie man in den gemäßigten Breiten von einer Kompensation der Wirkungen der kalten und warmen Ströme auf die ozeanische Mitteltemperatur spricht. Die Durchschnittswärme eines wasserbedeckten arktischen Parallels kann (bei teilweiser Landbedeckung der Subarktis) über und unter der Temperatur des Seeklimas liegen.

---

[1] Temperatur der südlichen Hemisphäre. Diese Sitzungsber., 1883.

Die höchste Temperatur in Polnähe knüpft sich an möglichst reichliche Unterbrechung der subpolaren Meeresfläche durch Land bei möglichst geringer West—Ost-Erstreckung desselben, also an eine Mehrheit oder Vielheit schmaler N—S streichender Inselzüge, wie ein solcher bei geringer positiver Strandverschiebung das Uralgebirge wäre. Für keinen einzigen Abschnitt der Vorzeit kommt eine so beschaffene Verteilung des Flüssigen und Festen in Betracht. Sie kann so für den Palaeoklimatologen nicht Gegenstand der Erwägung sein. Soweit die geologische Urkunde nicht auf ein zirkumpolares Festland, sondern auf eine wasserbedeckte Arktis weist, war diese von Landmassen umstellt; doch verschmolzen diese nicht stets wie jetzt zu einem nur eine breite Lücke zeigenden Ringe; den lauen Triften taten sich manchmal mehrere Pforten zum Eintritt in das arktische Becken auf. Woeikof neigte zur Ansicht, daß ein von drei Seiten reichlich mit lauem Wasser beschicktes Nordpolarmeer, wie es Wallace für die Tertiärzeit vermutete, die Lösung des Rätsels der fossilen arktischen Floren sein könnte. Als Woeikof die von Erklärungsoptimismus gleißenden Worte schrieb:[1] »...dies im Auge behaltend, erklärt sich die reiche eozäne und miozäne Flora Grönlands, Grinnellands und Spitzbergens ganz ungezwungen«, ahnte er nicht, daß wenige Jahrzehnte später in der Antarktis, die damals selbst morphologisch noch wenig erkannt war, mesozoische und tertiäre Pflanzen gefunden würden. In seinen Darstellungen der irdischen Wärmeverteilung nimmt die Wärmebereicherung der Nordhalbkugel auf Kosten der Südhalbkugel einen breiten Raum ein. Da fiele es schwer, zugleich mit einer arktischen auch eine antarktische Miozänflora als Folgezustand einer reichlichen Wasserheizung des Polargebietes glaubhaft zu machen. Der in der Altklimakunde herrschenden Geschmacksrichtung entspräche es da, Betrachtungen über die morphogene Komponente der geologischen Polarklimate überhaupt sogleich ganz aufzugeben und in gewohnter Art von der Heranziehung hypothetischer solarklimatischer Hilfsfaktoren alles Heil zu erwarten.

Für den, der aber nicht geradewegs nach einer Erklärung der fossilen Polarfloren strebt, sondern die im Rahmen der palaeogeographischen Erkenntnisse erwägbaren morphogenen Klimaänderungen restlos aufzeigen will, kann aber der Umstand, daß es schwer fiele, einen gleichzeitigen üppigen Waldwuchs in der Arktis und Antarktis rein geographisch zu begründen, kein Anlaß sein, die Frage, wie warm es am Pole beim heutigen Solarklima werden konnte, als jedes Interesses bar zu erklären.

---

[1] Gletscher und Eiszeiten. Zeitschr. d Gesellsch. f. Erdkunde. Berlin 1881.

Zur Untersuchung der Abhängigkeit der Temperaturen in einer wasserbedeckten Arktis von den geographischen Verhältnissen in ihrem Umkreise eignet sich der 75. Parallel. Er ist großenteils meerbedeckt, in thermischer Hinsicht (im Gegensatze zum 70. Parallel) unmittelbaren örtlichen Einflüssen der Nordküste des subarktischen Festlandsringes schon ziemlich entrückt und die Polarkappe so ziemlich in ihrer Mitte durchkreisend:

$$1-\sin 75^\circ = \sin 75-\sin 68^\circ\, 43'$$

und

$$\frac{1+\sin 66^\circ\, 30'}{2} = \sin 73^\circ\, 27'.$$

Zunächst ist eine geographische Analyse der winterlichen Temperaturverhältnisse zu erstreben.

Das Maß abkühlenden Landeinflusses, bei welchem — insoweit das reine Seeklima noch real wäre — das physische Klima kontinental wird, ist für die thermische Gesamtlage entscheidend, da, sobald auf dem Meere Eisbildung erfolgt, beim Fortschreiten derselben auch die sommerliche Bestrahlung in wachsendem Maße für die Lufterwärmung verloren geht. Dann sind die örtlichen Temperaturunterschiede im Winter am größten und die Aussicht, die Abhängigkeit einer Variablen von einer anderen erkennen zu können, winkt — wenn das Abhängigkeitsverhältnis durch Einflüsse zweiter Ordnung gestört ist — um so mehr, je größer der Wertspielraum der ersteren Variablen ist.

Aus dem Kärtchen der Isothermen des Jänner um den Nordpol in Hann's Referat über das große Werk Mohn's, betreffend die Meteorologie des Nordpolarbeckens, ließen sich für den 75. Parallel die in der folgenden Tabelle unter t stehenden (auf Viertelgrade genauen) Temperaturen ablesen. Unter t_1 folgen die einst von Spitaler aus der Karte der Jännerisothermen im Atlas der Meteorologie von Hann abgeleiteten Temperaturen.

Der durch die neueren Forschungen erzielte Fortschritt ist vor allem die Erkenntnis eines Minimums über Grönland, das zum Hauptminimum wird, und die eines Maximums über der Baffinsbai an Stelle einer bloßen Sigmoide der Isothermen im älteren Bilde. Das Minimum über Ostsibirien erscheint gegenüber früher etwas abgeflacht, so daß es jetzt nur mehr ganz wenig unter dem nordamerikanischen liegt.

Durch einfachen graphischen Ausgleich, der nur in einem Falle zu einer Wertversetzung von 1° führt (sonst 0·25 bis 0·5) erhält man aus den Werten von t jene von t'.

λ	t	t_1	$t_1—t$	t'	$t'—T$
0	—11·0	—11·3	— 0·3	—11·0	+18·25
10 E	— 8·5	— 9·3	— 0·8	— 9·0	+20·25
20	—11·0	—10·6	+ 0·4	—10·0	+19·25
30	—11·5	—11·5	0·0	—11·0	+18·25
40	—13·0	—13·0	0·0	—13·0	+16·25
50	—16·0	—15·6	+ 0·4	—16·0	+13·25
60	—21·0	—23·3	— 2·3	—21·0	+ 8·25
70	—25·0	—30·2	— 5·2	—25·0	+ 4·25
80	—29·0	—33·5	— 4·5	—29·0	+ 0·25
90	—32·0	—35·3	— 3·3	—32·0	— 2·75
100	—35·0	—36·8	— 1·8	—34·5	— 5·25
110	—36·25	—38·3	— 2·0	—36·0	— 6·75
120	—37·25	—39·0	— 1·7	—37·0	— 7·75
130	—37·5	—39·5	— 2·0	—37·5	— 8·25
140	37·0	—39·5	— 2·5	—37·0	— 7·75
150	—35·5	38·5	— 3·0	—36·0	— 6·75
160	—34·0	—37·0	— 3·0	—34·5	— 5·25
170	—33·0	—35·5	— 2·5	—33·5	— 4·25
180	—33·0	— 34·0	— 1·0	—33·0	— 3·75
170 W	—32·5	—32·5	0·0	—32·5	— 3·25
160	—33·0	—31·5	+ 1·5	—33·0	— 3·75
150	35·0	—32·0	+ 3·0	—34·5	— 5·25
140	—35·75	—33·3	+ 2·4	—35·5	— 6·25
130	—35·75	—34·5	+ 1·2	—36·0	— 6·75
120	—36·0	—36·0	0·0	—36·5	— 7·25
110	—36·25	—36·0	+ 0·3	—36·5	— 7·25
100	—36·25	—36·0	+ 0·3	—36·0	— 6·75
90	—35·0	—36·0	— 1·0	—34·5	— 5·25
80	—32·0	—33·5	— 1·5	—32·0	— 2·75
70	—29·0	—31·7	— 2·7	—29·0	+ 0·25
60	—27·5	—29·7	— 2·2	—27·5	+ 1·75
50	—34·5	—29·3	+ 5·2	—34·5	— 5·25
40	—41·0	—28·7	+12·3	—41·0	—11·75
30	—35·0	—24·0	+11·0	— 35·0	— 5·75
20	—25·5	—17·0	+ 8·5	—25·5	+ 3·75
10	—17·5	—15·0	+ 2·5	—17·5	+11·75

Die Summe der Wärmezuschläge ist da um eine Einheit größer als die der Wärmeabstriche, wodurch als Gesamtsumme der Temperaturen eine Zahl erwächst, die bei der Division durch 36 genau —29·25 ergibt, so daß die Summen der positiven und negativen Abweichungen vom Mittel — dargestellt durch in Viertelgraden ausgedrückte Werte — genau gleich sind.

Der Temperaturgang am 75. Parallel im Jänner kennzeichnet sich durch die folgenden sechs extremen Werte:

λ........	10 E	130 E	170 W	120 W 110 W	60 W	40 W
$t'-T$....	+20·25	—8·25	—3·25	—7·25	+1·75	—11·75

Die durch das pazifische Weltmeer bedingte Wärmeerhöhung bleibt noch unter dem Mittel und ist so noch nicht als ein Nebenmaximum und nur als eine flache Schwelle innerhalb eines breiten Wellentales erkennbar. Der Umstand aber, daß sie mit dem atlantischen Hauptmaximum auf demselben Meridiankreise liegt, ladet zu einer Darstellung der Temperaturen durch Sinusreihen ein. Eine solche läßt sich für die eurasiatische Erdhälfte mit geringen Mitteln gut durchführen, indem da ein Ausdruck von der Form

$$t = T + a \sin \alpha + b \sin^2 \beta$$

genügt. Die Elementaranalyse führt da zur Formel

$$t = -20\cdot 75 - 11\cdot 75 \sin (\lambda - 100) - 13\cdot 75 \sin^2 (\lambda - 10),$$

welche die gemessenen Werte mit einem mittleren Fehler von ± 0·33 und einem größten von —1·43 wiedergibt. Rundet man die Temperaturdifferenz beider Maxima auf 24·0 ab, so daß die zweite Konstante 12·0 wird, vermindert sich der mittlere Fehler auf ±0·28, der größte auf —1·24. Nach der Methode der kleinsten Quadrate ergeben sich als Konstanten

$$T = -20\cdot 6996, \quad a = -12\cdot 1214, \quad b = -13\cdot 8008,$$

bei deren Einsatz der mittlere Fehler sich nicht weiter verringert, der größte aber auf —1·11 herabsinkt.

Die folgende Tabelle bringt die Abweichungen der durch einfache Auflösung (*A*) und der durch die Ausgleichsrechnung (*B*) erhaltenen Temperaturen von den gemessenen Werten.

In beiden Reihen bleiben die Fehler in der Hälfte der Fälle unter 0·25, in mehr als einem Drittel der Fälle unter 0·1, was bei der Darstellung durch nur zwei Sinusglieder sehr befriedigend ist.

Die Darstellung der Parallelkreistemperaturen durch trigonometrische Reihen, wie sie Fritsche in umfassendster Weise vornahm, läßt aber den thermischen Einfluß der Bedeckungsart nicht direkt erkennen, solange diese nicht selbst in geeigneter Weise durch ähnliche Formeln eine Wiedergabe fände, was dann zur Aufdeckung der bestehenden Beziehungen führen würde. Es fällt so die Reihendarstellung, indem sie nur Interpolationsformeln schafft, deren Glieder keine morphologische Bedeutung haben, nicht in den engeren Begriff der thermogeographischen Analysis, der sich an die Einführung der Land- und Wasserbedeckung als Variable knüpft.

λ	A	B	λ	A	B
10 E	+0·25	+0·42	100 E	0·00	0·00
20	+0·65	+0·82	110	—0·18	—0·20
30	-0·08	+0·08	120	+0·01	—0·03
40	—0·80	—0·65	130	+0·44	+0·19
50	—1·24	—1·11	140	+0·46	+0·41
60	—0·10	—0·01	150	+0·38	+0·32
70	—0·06	+0·01	160	—0·08	—0·15
80	+0·21	+0·26	170	—0·14	—0·21
90	0·00	+0·02	180	+0·01	—0·05
100	0·00	0·00	170 W	-0·25	—0·32

Eine geographische Analysis der Jännertemperatur am 75. nördlichen Parallel hat davon auszugehen, daß der starken Einschnürung des subpolaren Festlandsringes oberhalb des Nordpazifik nur eine sehr geringe Kälteminderung in dem darüberliegenden Bogenstücke jenes Parallels entspricht. Dies drängt, sofern man zunächst nur den eurasiatischen Halbkreis betrachtet, zu einer Trennung des negativen Teiles der thermogeographischen Formel in zwei Glieder, in ein Kontinentalglied, welches den erkaltenden Einfluß der Landentwicklung in höheren und mittleren Breiten aufzeigt, und in ein Separationsglied, welches einen von der Breite des subpolaren Festlandsringes unabhängigen Kälteeinfluß der Scheidung des polaren Beckens von den es umgebenden Meeresflächen zum Ausdruck bringt. Der erstere Einfluß hängt von der Landentwicklung in meridionaler Richtung, der letztere von jener in longitudinaler Richtung ab, dieser wächst mit zunehmenden Abständen von der atlantischen Lücke und erreicht so gerade über der als Zufuhrweg lauen Wassers zur Arktis nicht wirksamen Beringstraße einen Höchstwert, wo die Breite des Festlandsringes ein Minimum wird.

Das erstere negative Formelglied ist als Produkt zu werten, da die erkaltende Wirkung von Festland bestimmter Breitenerstreckung mit wachsender Kontinentalität steigt, und zwar in sich verzögerndem Maße. Das letztere Glied läßt sich besser als Summe erkaltender Wirkungen, die von Teilstücken des Umkreises der Arktis ausgehen, betrachten. Man kommt so zunächst zu einem Ausdrucke von der Form

$$t = \vartheta - A\,\Sigma(\alpha_n) - B\,d^c\gamma,$$

in welchem ϑ die Höchsttemperatur, welche auf dem Meridian des betrachteten Punktes beim Mangel erkaltender Einflüsse auftreten würde, bezeichnet, γ die Südwärtserstreckung des Landes auf diesem Meridian, d den Abstand desselben vom mittleren Meridian der Westküste des Kontinents ausdrückt und α ein landbedecktes Bogenstück der Umrandung des Polargebietes ist. A und B sind konstante Faktoren.

γ ist soweit südwärts zu nehmen, als die Breitenerstreckung des Landes für die Höhe der subpolaren winterlichen Antizyklone belangreich erscheint. Es wurde da als Grenze zunächst der 35. Parallel angesetzt und später der 32. in Betracht gezogen. Für den Exponenten e der Größe d kommt zunächst der Wert $\frac{1}{2}$ in Frage. Zur Aufstellung des zweiten negativen Formelgliedes wurde die Kältewirkung eines landbedeckten Zehngradbogens des 70. Parallels (Nordrand des Festlandsringes) der Quadratwurzel seiner mittleren Entfernung von der nächsten Festlandslücke proportional gesetzt und als Gesamterkaltung die Summe der von dem vom Meridian des betrachteten Punktes halbierten Halbkreis ausgehenden Einzelwirkungen angenommen, so daß sich für den Nullmeridian (Mitte der 4 Zehngradbögen breiten atlantischen Lücke) der Wert

$$2 \times (1 + \sqrt{2} \ldots + \sqrt{7}),$$

für den gegenüberstehenden Meridian der Wert

$$2 \times (\sqrt{8} + \sqrt{9} + \ldots \sqrt{16})$$

ergibt.

Während das Kontinentalglied schon für die über einer schmalen Lücke des subpolaren Festlandsringes liegenden Punkte des 75. Parallels $= 0$ wird, sinkt das Separationsglied erst bei Ausweitung einer solchen Lücke auf den halben Kreisumfang (und Reduktion der Landumgürtung auf einen Halbring) für den im Halbierungsmeridian der Lücke gelegenen Punkt auf Null herab. Es entspricht dies dem Umstande, daß das örtliche Maximum der Jännertemperatur über der atlantischen Lücke nur ungefähr der Mittwintertemperatur im reinen Seeklima des 75. Parallels gleichkommt, obschon die Golftrift eine große örtliche Erhöhung über diese Temperatur bedingen muß.

Es möchte sinngemäßer dünken, die früher genannten Einzelwirkungen mit beiderseits vom Mittelmeridian abklingendem Gewicht einzusetzen; dann sollte aber auch die durch die Breitenerstreckung des die Arktis umgürtenden Landes bedingte Erkaltung nicht bloß durch den Wert dieser Größe im Meridian des betrachteten Punktes, sondern durch einen mit Einbezug der Verhältnisse in der beiderseitigen Nachbarschaft gewonnenen Mittelwert Ausdruck finden. Verfeinerungen solcher Art gingen aber auf Kosten der erstrebten

Einfachheit der aufzustellenden Formel. Die durch das oben genannte Verfahren bestimmten Werte von $\Sigma(\alpha_n) = S$ (Separationsglied) und die Werte von $\sqrt{d}.\gamma = K$ (Kontinentalglied), welche bei weitgehender graphischer Ausgleichung der Winkelwerte von γ erzielt wurden — wobei d und γ in Zehngradlängen gemessen sind — enthält, auf eine Dezimale gekürzt, die folgende Tabelle.

λ	S	K	t	t'	$t-t'$
10 E v Gr.	27·1	0·0	— 8·9	- 9·0	+0·1
20	27·7	0·5	- 9·8	—10·0	+0·2
30	28·6	1·1	11·0	11·0	0·0
40	29·9	2·1	—12·8	—13·0	+0·2
50	31·7	4·2	-16·1	—16·0	0·1
60	33·9	7·4	—20·8	—21·0	+0·2
70	36·6	9·8	- 25·0	—25·0	0·0
80	40·5	11·4	-29·0	- 29·0	0·0
90	44·5	12·4	32·5	- 32·0	—0·5
100	48·5	12·6	35·0	34·5	—0·5
110	52·3	12·0	36·7	—36·0	0·7
120	55·1	10·9	- 37·2	37·0	0·2
130	57·3	10·0	—37·5	37·5	0·0
140	59·0	8·7	37·1	37·0	0·1
150	60·3	6·4	35·4	36·0	+0·6
160	61·3	4·6	34·2	34·5	+0·3
170	61·8	3·6	33·4	33·5	+0·1
180	62·0	2·9	32·7	33·0	+0·3
170 W	61·8	2·5	32·3	32·5	+0·2
160	61·3	3·5	32·9	—33·0	+0·1

Bei dem der Formelaufstellung zugrunde gelegten Gedankengang schloß es sich aus, dem Umstand, daß die Jännertemperaturen auf dem 75. Parallel tief unter dem Gefrierpunkt des Salzwassers liegen, durch Bemessung der Werte von γ bis zu diesem Parallel Rechnung zu tragen, entsprechend der thermischen Wirkungsweise der zwischen ihm und dem Nordufer Eurasiens gelegenen eisbedeckten Meeresflächen wie Kontinentalflächen. Jene tiefen Wintertemperaturen und die durch sie bedingte Meereisbildung sind ja als Folgezustand der Landumgürtung des Polarbeckens aufzuzeigen. Bei Einsatz der aus 20 Bedingungsgleichungen erhaltenen Konstantenwerte erhielt ich als Analysenresultat die Formel

$$t = 7\cdot204 - 0\cdot595\,S - 1\cdot061\,K.$$

Die aus dieser Gleichung sich ergebenden Jännertemperaturen sind in der vorstehenden Tabelle angeführt und mit den beobachteten (t') verglichen.

Die Formel gibt die Beobachtungen mit einem mittlern Fehler von nur ±0·22, einem größten von +0·69 und einem Verbleib von 70% der Fehler unter 0·25 wieder.

Das positive Formelglied bezeichnet die höchste Erwärmung, welche am betrachteten Punkte beim Fehlen jeder Erkaltung durch benachbartes Land unter dem (dann an den Bestand eines meridional gestreckten Inselzuges von verschwindender Breite geknüpft zu denkenden) Einflusse einer lauen Trift von der Stärke der Golftrift auftreten würde. Zurzeit bedingt diese Trift im Winter in 50° Breite eine Temperaturerhöhung um 7·6°, in 60° Breite eine solche um 8·8° über die ozeanische Durchschnittstemperatur im Südpazifik. Hiernach ergäbe sich (bei sonst gleichen Umständen) bei einer dem Breitensinus entsprechenden Zunahme für den 75. Parallel eine Erhöhung um 10·0° über die Temperatur eines realen Seeklimas in dieser Breite. Eine Höchsttemperatur von 7·2 erwüchse dann aus einer Seeklimatemperatur von -2·8, einem Werte, der innerhalb des für das akryogene Seeklima des Winters am 75. Parallel in Betracht kommenden Spielraumes liegt.

Als mittlere Jahrestemperatur auf diesem Parallel erhält man nach der I. Methode, wenn für Y nach Wiener 1364, nach Meech 163·2 gesetzt wird, -1·2. Die nur für zehnte Breitengrade mitgeteilten Strahlenmengen am Grunde der Atmosphäre kann man für den 75. Parallel zunächst aus den Differenzen gegen die Strahlung an der oberen Grenze der Lufthülle in 70° und 80° interpolieren und findet dann

$$Y = 1364 - \frac{1}{2}(515+501) = 856.$$

Mit diesem Werte erhält man nach der II. Methode genau wie nach der ersten $\log T^4 = 9\cdot5437$ (also $t = -1\cdot2$), nach der III. Methode $t = -0\cdot35$, wogegen die Strahlungsdifferenzrechnung $+2\cdot0$ ergibt. Leitet man den Wert von Y für den 75. Parallel aus der Formel

$$(Y_\varphi - Y_{90}) = (Y_0 - Y_{90}) \cos^m \varphi$$

ab, für welche ich durch Ausgleichsrechnung

$$m = 3\cdot0812 - 1\cdot5690 \cos^{1/4} \varphi$$

fand,[1] so wird $Y = 852$. Bei Einsatz dieser Zahl erwachsen für t in gleicher Reihenfolge die Werte $-1\cdot3$, $-0\cdot4$ und $+1\cdot9$.

Für die ozeanische Jahresamplitude am 75. Parallel liefern die früher mitgeteilten Formeln die Werte 7·0 und 7·2. Die Berechnungsgrenzen der Jännertemperatur in $\varphi = 75°$ im akryogenen Seeklima sind sonach $-1\cdot6$ und $-4\cdot8$. Zwischen diesen liegt der aus der

---

[1] Zur Kenntnis der zonalen Wärmeänderung im reinen Land- und Seeklima. Diese Sitzungsber., IIa, 1919. 1. Heft.

Temperaturformel für den 75. Parallel abgeleitete Wert —2·8 ziemlich in der Mitte.

Es zeigt sich somit, daß bei der geographischen Analyse der Wintertemperatur auf einem mittleren arktischen Parallel als thermischer Ausgangspunkt, von dem ab die erwärmenden und erkaltenden Einflüsse zu rechnen sind, eine dem akryogenen Seeklima entsprechende Temperatur zum Vorschein kommt.

Dies scheint die Ableitung dieses Klimas als einer geeigneten Grundlage für palaeoklimatische Untersuchungen zu rechtfertigen.

Das seitliche Abklingen des durch eine laue Trift veranlaßten Wärmeüberschusses über die Temperatur im reinen Seeklima kommt nicht in der Minderung eines variablen positiven Gliedes zum Ausdruck; es erscheint in der Formel durch ein rascheres Wachstum des Separationsgliedes ersetzt, jedoch nur so lange, als der Trifteinfluß durch relativ schmale Lücken in einem subarktischen Festlandsringe erfolgt, ein Sachverhalt, der allerdings auch in der Vorzeit oft bestanden zu haben scheint. Bei meiner vor 12 Jahren angestellten Betrachtung[1] über die thermischen Vorzeitprobleme der Arktis wurde das seitliche Abklingen der Wärmewirkung der Golftrift durch empirische Formeln dargestellt, der erkaltende Landeinfluß aber als konstante Größe betrachtet.

In der Westhälfte des 75. Breitenkreises findet die geographische Temperaturanalyse noch zwei Probleme vor, den thermischen Einfluß der lauen nordpazifischen Trift und den thermischen Einfluß Grönlands. Obschon die Beringstraße klimatisch als Unterbrechung des subarktischen Landringes nicht wirksam wird, zeigen sich in den amerikanischen Längen doch nicht jene tiefen Kältegrade, welche den Quadratwurzeln ihrer über Ost gemessenen Abstände von der Westküste Norwegens entsprächen. Es ist dies die Folge der durch die Kordilleren allerdings geschwächten Wärmewirkung der genannten lauen Trift auf das nordamerikanische Festland. Die aus ihr erwachsende Verringerung des erkaltenden Einflusses dieses Landes im Winter auf den 75. Parallel läßt sich durch eine sprunghafte Minderung des Kontinentalitätsfaktors d auf die Hälfte seines Wertes darstellen. Soweit die Jännertemperaturen auf jenem Parallel durch die im Kontinentalglied vereinten Einflüsse bedingt sind, erscheinen sie so, als würden sie sich auf Meridianen entwickeln, die von der Westküste Norwegens nur halb so weit ostwärts lägen. Durch Ausprobung ergab es sich als das passendste, in 130° W, wo d, fortlaufend von 10° E ab gezählt, den Wert 22 erreicht, die Zählung mit 12 neu zu beginnen. Es entspricht dies einer Rückversetzung auf den Meridian von Jakutzk. Man erhält dann — für

---

[1] Klimatogenetische Betrachtungen zu W. D. Matthew's Hypothetical outlines of the continents in tertiary times. Verhandl. d. Geol. Reichsanstalt. 1910, Nr. 12.

$\lambda = 150$ und 140 die frühere Zählung noch beibehaltend — wenn die Werte von γ wiederum eine genügende graphische Ausgleichung erfahren, für die Jännertemperaturen ober dem nearktischen Archipel folgende Reihe:

λ	S	K	t	t'	$t-t'$
150 W	60·3	5·4	—34·4	—34·5	+0·1
140	59·0	6·9	—35·2	—35·5	+0·3
130	57·3	7·6	—35·0	—36·0	+1·0
120	55·1	10·8	—36·7	—36·5	—0·2
110	52·3	12·3	—37·0	—36·5	—0·5
100	48·5	13·6	—36·0	—36·0	0·0
90	44·5	14·4	—34·5	—34·5	0·0
80	40·5	14·4	—32·2	—32·0	—0·2
70	36·6	12·7	—28·1	—29·0	+0·9

Die Durchquerung Grönlands durch den 75. Parallel erheischt die Hinzufügung eines dritten negativen Formelgliedes, welches die erkaltende Wirkung von polwärts gelegenem Land aufzeigt (Spitzbergen und Franz Josephs-Land geben bei ihrer geringen Ausdehnung zu solcher Berücksichtigung noch keinen Anlaß).

Werden für die grönländischen Meridiane in der bisherigen Art das Separations- und Kontinentalglied bestimmt, so ergeben sich als Erkaltung polarer Herkunft die im folgenden unter τ' stehenden Werte. Um sie darzustellen, kann man wieder — wie bei der Analyse der aus dem Süden gebrachten Erkaltung — das Produkt aus der Erstreckung des Landes im Meridian des betrachteten Punktes γ' (ausgeglichene Werte) in eine vom Küstenabstande desselben abhängige Größe nehmen. Als solche wurde bei dem annähernd symmetrischen Bau des grönländischen Kälteherdes die Summe der beiderseits des betrachteten Punktes bis zu einem Abstand von 20° gegebenen Landbedeckungen (b) eingesetzt und mit dem Exponenten $^1/_2$ versehen. Die so aus fünf Bedingungsgleichungen erhaltene Formel

$$\tau = -1\cdot633\,p,$$

in welcher $p = \sqrt{b}.\gamma'$, liefert dann folgende Werte:

	60	50	40	30	20
τ	12·4	17·8	24·8	21·2	14·4
τ'	12·2	17·2	25·0	21·7	14·2

Für die Jännertemperaturen am 75. Parallel in den Meridianen von Grönland ergibt sich dann folgendes Bild:

λ	S	K	p	t	t'	$t-t'$
60 W	33·9	2·2	7·6	—27·6	—27·5	—0·1
50	31·7	5·4	10·9	—35·5	—34·5	—1·0
40	29·9	5·0	15·2	—40·8	—41·0	+0·2
30	28·6	3·3	13·0	—34·5	—35·0	+0·5
20	27·7	1·9	8·8	—25·7	—25·5	—0·2

Die Berechtigung dazu, auch die Temperaturen des Jänner auf einem Grönland querenden Parallel als Funktion der Landbedeckung darzustellen, leitet sich davon her, daß sich auf Mohn's Karte die Isothermen dieses Monats in geradezu auffälligem Maße der grönländischen Küste anschmiegen, ja sogar das Gebiet der Erkaltung unter —40° von jenem um den Nordpol getrennt erscheint. Man wird diese angesichts des Umstandes, daß im Winter die Meeresflächen rings um die Nordhälfte Grönlands weithin wie Kontinentalflächen wirken, seltsame Sachlage dahin deuten, daß hier die gewohnte Reduktion der Temperaturen auf den Meeresspiegel — ähnlich wie bei der armenischen Kälteinsel — den thermischen Einfluß der Seehöhe noch nicht ganz zum Verschwinden bringt.

Es ginge wohl nicht, zur Darstellung reduzierter Temperaturen ein Formelglied mit der Vertikalkomponente des thermischen Klimas als Variablen einzuführen. Bei der Vergleichbarkeit Grönlands mit einem flach gewölbten elliptischen Schilde trifft es aber ungefähr zu, daß die Längsachse über die Rückenfläche hinzieht und so eine Gleichung, welche die in jener Achse gelegenen Punkte als die kältesten aufzeigt, gleichsam auch den Einfluß der Seehöhe mit zum Ausdruck bringt.

Palaeoklimatologische Anwendungen.

Entsprechend ihrer Ableitungsart ist die vorhin erhaltene Wärmeformel dazu verwendbar, die Wintertemperaturen in einer wasserbedeckten Arktis bei verschiedenen Land- und Meerverteilungen im subpolaren Gürtel unter der Annahme zu beurteilen, daß stattfindende Wärmezufuhren der durch die Golftrift bedingten analog wären. Zunächst lohnt es sich, die Wärmeverteilung für ein Erdbild zu berechnen, das einen gleich dem heutigen breitgestreckten, aber an mehreren Stellen unterbrochenen subarktischen Festlandsring aufweist. Bei dem Bestande eines solchen erführe die aus der Abgliederung des Polarbeckens erwachsende Erkaltung eine mäßige Abnahme, die durch die meridionale Landentwicklung mitbedingte eine stärkere Einbuße, da auf in W—O-Richtung verkürzten Kontinenten die Kontinentalität eine geringere wäre.

Als Kartengrundlage für die palaeothermale Synthese eignet sich da die von Matthew entworfene Umrißzeichnung der Festländer im Mitteleozän, die — im Gegensatz zu den Darstellungen anderer Palaeogeographen, die für jene Zeit auch nur eine Verbindung des Polarbeckens mit dem Weltmeer annehmen — drei klimatisch wirksame Unterbrechungen der Landumgürtung jenes Beckens ausweist. Eine vierte, der Davisstraße entsprechende Lücke in dieser Umgürtung hätte wohl — obschon sie auf Matthew's Karte eine offene Verbindung mit der Arktis schafft — als Zufuhrstraße lauen Wassers nur wenig Bedeutung erlangt. Sie blieb darum bei der Bestimmung des Separationsgliedes außer Betracht und wurde nur durch Neubeginn der Zählung von d, für das sich für die Jetztzeit in 60° W der Wert 19 ergab, in Rechnung gestellt.

Der besagte Kartenentwurf ist deshalb mehr als andere Entwürfe, die auch ein sich mit drei Toren öffnendes Polarbecken zeigen (Diener, Skythische Stufe; Kossmat, Neokom, u. a.), geeignet, als Grundlage für eine palaeoklimatologische Anwendung der erzielten Formel zu dienen, weil sich auf ihn das konstante Glied dieser Formel besser übertragen läßt. Der thermische Einfluß der atlantischen Lücke kann dem heutigen analog gesetzt werden, da die Umrißlinien des Atlantischen Ozeans, die für diesen Einfluß maßgebend sind, auf Matthew's Karte den heutigen gleichen. Betreffs des indischen Stromes kam ich in meiner Arbeit von 1910 auf Grund einer angestellten Erwägung zur Annahme, daß er eine wenigstens ebenso kräftige Wärmequelle wie der Golfstrom sein konnte. Die pazifische Lücke hätte auch einen ihrer Breite entsprechenden erwärmenden Einfluß ausüben können, da ja der zum Durchtritt durch sie in Betracht gekommene Teil der nordpazifischen Trift — weil von SO herankommend — mit dem rückläufigen kalten Strom nicht, wie jetzt der Golf mit dem Labrador, unter rechtem Winkel zusammenstieß.

Auch der Umstand, daß bei der geplanten Temperatursynthese das dritte negative Formelglied nur mit seinen heutigen Werten einzutreten braucht, ist günstig, weil dasselbe — den Besonderheiten der Nordhälfte Grönlands angepaßt — zur Darstellung des erkaltenden Einflusses von anders gestaltetem, über den 75. Parallel hinaufreichendem Land nicht gut geeignet scheint.

Die folgende Tabelle bringt das Resultat der Temperatursynthese für die in Rede stehende Rekonstruktion. S und K haben dieselbe Bedeutung wie früher, für $\lambda = 60$—20° W kommen als Variable noch die früher angeführten Werte von p hinzu. t_e ist — im Rahmen der Anwendbarkeit der erzielten Formel — die der besagten Rekonstruktion entsprechende (morphogene) Jännertemperatur am 75. Parallel. $t_e - t'$ ist die durchaus positive Differenz gegen die Jetztzeittemperatur (ausgeglichene Werte nach Mohn), die hier nochmals anzuführen erspart wurde. a ist die Abweichung der t_e vom Mittelwert, welcher sich zu $-13 \cdot 45$ bestimmt. Für t_e auf $\lambda = 10$ W wurde ein ausgeglichener Wert eingesetzt.

λ	S	K	t_e	$t_e - t'$	a	
0	19·3	0	— 4·3	+ 6·7	+ 9·2	Ostgrönlandmeer
10 E	18·1	1·6	— 5·2	+ 3·8	+ 8·3	
20	17·4	2·8	— 6·1	+ 3·9	+ 7·4	Palaearktis (Nordeuropa)
30	17·1	3·1	— 6·3	+ 4·7	+ 7·2	
40	17·4	2·8	— 6·1	+ 6·9	+ 7·4	
50	17·9	4·5	— 8·2	+ 7·8	+ 5·3	
60	18·4	0	— 3·8	+17·2	+ 9·7	Obisches Meer
70	19·2	0	— 4·2	+20·8	+ 9·3	
80	20·6	3·1	— 7·5	+21·5	+ 6·0	Angaraland (Nordasien)
90	21·6	5·4	—11·3	+20·7	+ 2·2	
100	21·6	7·3	—13·4	+21·1	+ 0·1	
110	20·6	8·4	—13·2	+22·8	+ 0·3	
120	20·2	7·8	—13·1	+23·9	+ 0·4	
130	20·2	5·1	—10·3	+27·2	+ 3·2	
140	20·9	4·0	— 9·5	+27·5	+ 4·0	
150	22·9	3·1	— 9·7	+26·3	+ 3·8	
160	25·1	2·4	—10·3	+24·2	+ 3·2	
170	27·6	2·8	—12·2	+21·3	+ 1·3	
180	29·2	1·0	—11·3	+21·7	+ 2·2	
170 W	30·5	0	—10·9	+21·6	+ 2·6	Beringsstraße
160	31·2	0	—11·4	+21·6	+ 2·1	
150	31·4	0·8	—12·3	+22·2	+ 1·2	Nearktis (Nordamerika)
140	31·2	1·6	—13·0	+22·5	+ 0·5	
130	30·7	2·4	—13·6	+22·4	— 0·1	
120	30·1	4·6	—15·6	+20·9	— 2·1	
110	29·4	8·3	—19·0	+17·5	— 5·5	
100	27·9	8·8	—18·8	+17·2	— 5·3	
90	26·9	8·7	—18·1	+16·4	— 4·6	
80	26·9	9·3	—18·7	+13·3	— 5·2	
70	27·9	8·7	—18·6	+10·4	— 5·1	Baffinsbai
60	28·4	0·5	—22·6	+ 4·9	— 9·1	
50	28·4	1·7	—28·3	+ 6·2	—14·8	Grönland
40	27·6	1·9	—36·1	+ 4·9	—22·6	
30	25·6	1·4	—30·8	+ 4·2	—17·3	
20	23·4	0·9	—22·1	+ 3·4	— 8·6	
10	21·0	0	— 8·9	+ 8·6	+ 4·6	

Der Höchstbetrag winterlicher Wärmesteigerung, welcher den Schnittpunkten des 75. Parallels mit den Meridianen Ostsibiriens aus der Zerschneidung Eurasiens durch eine breite Wasserstraße (Obisches Meer) erwüchse, stellt sich auf 27°. Der Wärmezuwachs über der atlantischen Lücke wäre aber nur 5°. Da auch die Temperaturen in Grönland bei Matthew's Erdbild nur um ebensoviel über den heutigen stünden, hebt sich das vom Nullmeridian halbierte Umfangdrittel mit einer durchschnittlichen Temperaturzunahme von 5·5 von den zwei anderen Dritteln mit einer mittleren Zunahme von 20·9 scharf ab. Für das Bogenstück von 120 E bis 120 W ergibt sich eine Zunahme von 23·5. Diese Umstände müßte man bei Annahme einer Polverschiebung gegen das Beringsmeer hin bedenken. Durch einen Verschub, dem eine zonale Wärmeänderung von 9° entspräche, würden auf der atlantischen und pazifischen Seite erst gleiche Wärmeunterschiede gegen die Jetztzeit erklärt (noch keine größeren auf ersterer Seite).

Von Kartenentwürfen für Abschnitte der mesozoischen Zeit wurde Uhlig's Weltkarte des Malm zu einer palaeoklimatologischen Anwendung der gewonnenen Formel benutzt. Sie zeigt auch vier Lücken im subarktischen Festlandsring, von denen aber — rein geographisch betrachtet — nur zwei, die alaskische und russische Lücke, als Zufahrtswege lauen Wassers in Betracht kämen, die anderen zwei, die Shetland- und die Janastraße, aber nur zur Rückleitung polarer Wässer dienen könnten. Längs der Westküste der Nordatlantis des Oberjura hätte ein bedeutender Teil der pazifischen Westtrift seinen Weg in das Polarmeer gefunden, wobei für diese Trift die Janastraße eine ähnliche Bedeutung gehabt hätte wie die Davisstraße für die Golftrift. Bei dem Versuche, die Bedeutung des Russischen Meeres für die Thermik des oberjurassischen Nordpolarbeckens rein ozeanologisch zu erwägen, kann man davon ausgehen, daß die Thetis von einer W—O-Trift durchflossen sein mußte, die — soweit sie nicht an der Westküste Angariens gegen SO abbog — unter dem Einfluß einer ständigen Winterzyklone über dem Wolgabecken polwärts abgelenkt wurde.

Es fällt aber schwer, Quellen des Ersatzes für dieses nordwärts entführte Wasser zu finden. Zur Speisung der Trift eines zentralen Mittelmeeres von den indischen Gewässern her wären die Bedingungen viel weniger günstig gewesen als im vorbetrachteten Fall. Es fehlte aber auch im Westen ganz an Platz zur Entwicklung einer Passattrift, die an der Vorderseite eines subtropischen Hochs sich umwendend, in die Thetistrift einbiegen konnte. Aber auch die Annahme, daß der rückläufige Ast der pazifischen Westtrift zum Ersatze herangeführt wurde, ist kaum zu machen, da der nordatlantische Kontinent zu weit äquatorwärts vorspringt, als daß sich — selbst im Nordwinter — um seine Südküste herum noch eine kraftvolle W—O-Strömung entwickeln könnte. So möchte es scheinen, daß dem Nordpolarbecken im Oberjura auf dem Wege des Russischen Meeres überhaupt keine reichliche Wasserzufuhr zuteil würde. Konnte doch auch durch die enge Shetlandstraße nur wenig Wasser aus dem ober Skandinavien gelegenen Teile des Polarbeckens zurückfließen.

Das Gesagte gilt aber nur für das den Ideenkreisen Neumayr's und Uhlig's u. a. angepaßte Kartenbild. Nimmt man, wie dies Diener schon für die Trias tut, auch für den Jura den Bestand eines tropischen Atlantischen Ozeans an, so hätte die Passattrift desselben selbst beim Fehlen der mittelamerikanischen Schranke nicht ganz in die Südsee übertreten müssen und sich zum Teil an der Vorderseite eines subtropischen Antizyklons nach NO wenden können. Sofern dann die in die Südsee entführten Wässer durch aus den indischen und äthiopischen Meeren aspirierte Ersatz fanden, konnte durch das Russische Meer eine der Golftrift an Stärke vergleichbare Strömung in das Polarmeer gelangen.

Die thermische Wirkung der fast ganz dem Rückstrom polarer Wässer dienenden Lücken im Festlandsring wurde durch Neubeginn der Zählung von *d* mit der Hälfte des schon erreichten Wertes darzustellen versucht. So wurde der Kontinentalitätsfaktor, am Ostrande des Westangaralandes (Janastraße) den Wert $\sqrt{8}$ erreichend, durch Ostangarien von 2 ab weitergezählt. Den erkaltenden Einfluß des in den grönländischen Meridianen über den 75. Parallel hinaufreichenden Teiles der jurassischen Nearktis glaubte ich als geringer einschätzen zu sollen als den des tertiären und heutigen Grönlands und nahm die für letzteres gefundenen Werte (auf 12, 18 und 24 abgerundet) mit dem Exponenten $^2/_3$ versehen (bei Westverschiebung um 10°).

Das so gewonnene Wärmebild weicht von dem früher erhaltenen sehr ab. Während man für die eozäne Karte außerhalb des europäischen Kreisviertels durchwegs Temperaturen unter dem Gefrierpunkt bewegten Meerwassers erhält (wobei deren aber doch hoher Stand über den kontinentalen Wintertemperaturen des nicht realen Seeklimas durch die Nachbarschaft offener Meeresflächen in den peripheren Teilen der Arktis zu erklären ist), ergeben sich für Uhlig's Jurakarte in $\varphi = 75$ N Lufttemperaturen, bei denen abzüglich eines beschränkten Gebietes ober Sibirien bei vorwiegender Wasserbedeckung der südlichen Nachbarschaft ein Offenbleiben des Meeres im Winter möglich wäre. Am wärmsten Meridian wird fast der Gefrierpunkt des Süßwassers erreicht. Als Mitteltemperatur erhält man —7·55. Während sich im eozänen Bilde eine Verkürzung des heutigen Abstandes der mittleren Parallelkreistemperatur vom Nullpunkt (—29·25) auf die Hälfte zeigt, schrumpft dieser Abstand für den Oberjura auf ein Viertel ein. Inwieweit die nach Abzug des morphogenen Wärmeunterschiedes gegen die Jetztzeit noch verbleibende allogene Temperaturdifferenz als eine biologisch bedingte oder als eine solarklimatische zu deuten sei, fällt nicht in den Rahmen dieser Betrachtung. Daß sich die durch die pazifische Westtrift bedingte Erwärmung zur Linken der breiten alaskischen

Lücke am meisten zeigt, entspricht einer tiefen Winterzyklone im Nordpazifik, durch die jene Trift gegen NW abgelenkt würde, um dann an der Ostküste Angariens rückläufig zu werden.

Von den in den tieferen Lagen durch *Ginkgo digitata*, in den höheren durch *Elatides curvifolia* gekennzeichneten und auf ein ähnliches Klima weisenden arktischen Portlandschichten liegen die auf Spitzbergen und die auf der Kesselinsel (Neu-Sibirien) nahe dem 75. Parallel. Für diesen gibt die Tabelle im Mittel aus 10 und 20° E —5·6, im Mittel aus 140 und 150° E —5·3. Dies spricht gegen eine Polverschiebung, denn bei einer solchen könnte sich für die genannten Inselgruppen, da diese um ein Drittel des Erdumfanges getrennt sind, die allogene Temperaturdifferenz nicht als gleich groß ergeben. Es stimmt das zu einem Befunde in den mittleren Breiten. Nachdem die durch Burckhardt angeregte Bewegung gegen Neumayr's Klimazonen wieder abgeflaut war, meinte Uhlig, »daß wir den Unterschied zwischen der borealen und der äquatorialen Fauna des Oberjura tatsächlich klimatischen Einflüssen zuzuschreiben haben«.[1] (Nur Neumayr's gemäßigter Gürtel wurde auf Uhlig's Karte als neritische Randzone eingeführt.)

Die Südgrenze des borealen Reiches zeigt nun Breitenunterschiede, die sich natürlicher durch geographisch als durch solarklimatisch bedingte Temperaturdifferenzen erklären. Der niedrige Stand dieser Grenze an der Westküste der Nordatlantis fällt in den Bereich der kühlen rückläufigen pazifischen Westtrift (Analogon zum kalifornischen Strome), ihr mittlerer Stand an der Ostküste des West-Angaralandes entspricht einer Mischung erkaltender und erwärmender Einflüsse (Analoga des Oyaschio und Kuroschio); im südrussischen Meere, wo die besagte Grenze polwärts zurückweicht, ist eine in breiter Front aufsteigende laue Strömung anzunehmen. Die vorhin erzielten Rechnungsergebnisse regen noch zu folgender Betrachtung an.

Oberhalb schmaler, aber bis in ein Polarmeer vorspringender Festländer, die lauen Triften als Führung in dieses Meer dienen könnten, möchte sich im Höchstfalle eine Wintertemperatur von etwa 6° entwickeln, da eine südlich benachbarte Landzunge den (für 75° gefundenen) ozeanischen Grenzwert von 7·2 etwas herabdrücken müßte, und eine Amplitude von etwa 8 bis 9° einstellen, da jene Landzunge die ozeanische Amplitude von 7° etwas erhöhen würde. Es wäre das die auf Inseln und an Küsten im südlichen Westtriftgürtel gegebene thermische Sachlage. Bei dieser würden sich auch die hydrometeorischen Verhältnisse dieses Gürtels und des subpolaren Zyklonengebietes bis über den Polarkreis hinauf erstrecken. Man hätte dann jenes Klima, das bei Bietung der Wachstumsmöglichkeit für eine Pflanzenwelt von tropischer Üppigkeit

---

[1] Die marinen Reiche des Jura und der Unterkreide. Mitteilungen der Geolog. Gesellschaft in Wien. III, 1911, p. 442.

λ	S	K	t_m	$t_m - t'$	a	
0	16·5	1·3	— 3·9	+ 7·1	+ 3·7	Shetland-Straße
10 E	16·2	2·8	— 5·3	+ 3·7	+ 2·3	
20	15·4	3·9	— 5·9	+ 4·1	+ 1·7	Skandinavien und Finnland
30	14·4	4·5	— 5·8	+ 5·2	+ 1·8	
40	12·7	2·0	— 2·4	+10·6	+ 5·2	
50	13·3	0	— 0·7	+15·3	+ 6·9	Russisches Meer
60	13·7	0	— 0·9	+20·1	+ 6·7	
70	15·4	2·3	— 4·4	+20·6	+ 3·2	Westangaraland (Westsibirien und Zentralasien)
80	17·2	4·2	— 7·5	+21·5	+ 0·1	
90	17·6	6·1	— 9·7	+22·3	— 2·1	
100	18·6	8·0	—12·3	+22·2	— 4·7	
110	18·6	7·8	—12·1	+23·9	— 4·5	
120	17·6	7·4	—11·0	+26·0	— 3·4	
130	16·6	6·1	— 9·1	+28·4	— 1·5	Jana-Straße
140	16·6	1·6	— 4·4	+32·6	+ 3·2	Ostangaraland (Östlichstes Asien)
150	16·6	3·4	— 6·2	+29·8	+ 1·4	
160	16·6	3·7	— 6·6	+27·9	+ 1·0	
170	16·6	1·9	— 4·6	+28·9	+ 3·0	
180	16·6	0·9	- 3·6	+29·4	+ 4·0	
170 W	16·9	0	— 2·8	+29·7	+ 4·8	
160	17·7	0	— 3·3	+29·7	+ 4·3	Bering-Meer
150	18·7	0	— 3·9	+30·6	+ 3·7	
140	20·4	0	— 4·9	+30·6	+ 2·7	
130	20·8	0	— 5·2	+30·8	+ 2·4	
120	20·4	0	— 4·9	+31·6	+ 2·7	Nordatlantis (Östliches Nordamerika, Grönland und nördlichster Atlantischer Ozean)
110	18·7	1·7	— 5·7	+30·8	+ 1·9	
100	16·9	5·1	— 8·3	+27·7	— 0·7	
90	15·5	6·4	— 8·8	+25·7	— 1·2	
80	14·5	7·8	— 9·7	+22·3	— 2·1	
70	14·5	8·9	—16·2	+12·8	— 8·6	
60	15·5	8·6	—18·0	+ 9·5	—10·4	
50	16·5	7·9	—19·3	+15·2	—11·7	
40	16·5	7·1	—17·0	+24·0	— 9·4	
30	16·5	6·9	—15·2	+19·8	— 7·6	
20	16·5	4·1	— 7·0	+18·5	+ 0·6	
10	16·5	2·7	— 5·4	+12·1	+ 2·2	

(Darwin verglich diesbezüglich Chiloe mit Brasilien) und teilweise tropenähnlicher Tracht (Baumfarne, Bambusen, Epiphyten, Lianen) dem Gedeihen von Gletschern günstig ist. Mit der Auffassung der palaeo- und älteren mesozoischen Polarfloren als Zeugen eines Klimas, das den Bestand von Gletschern im Innern gebirgiger Inseln nicht ausschlösse, würden die geologischen Probleme der Arktis etwas von ihrer Rätselhaftigkeit einbüßen. Das milde Polarklima früherer Zeiten erschiene dann als dasselbe Klima wie jenes, welches für die Randgebiete der palaeozoischen Gletschergebiete erwägbar ist.[1]

Das ozeanische Klima der mittleren Breiten wäre so zeitweise bis über den Polarkreis hinaufgerückt, zeitweise bis über den Wendekreis vorgedrungen, aus den hohen Breiten durch sehr kaltes Klima verdrängt.

An den Rändern der palaeozoischen Eisherde konnten sich beim Bestande hoher Küstengebirge bis ans Meer reichende Gletscher entwickeln. Für Polargebiete der Vorzeit mit mildem ozeanischem Klima wären Inselgebirge von geringerer Höhe erwägbar, in deren Mulden Gletscher entstanden, die nur bis in die Täler gelangten, denn bis ans Meer vorstoßende Gletscher hätten ja das akryogene Seeklima vernichtet.

Das Klima, in welchem die Pflanzen der Atane- und Patootschichten und die Tertiärpflanzen der Arktis gediehen, ließe sich aus dem vorigen durch größere Landentwicklung ableiten, da jene Pflanzen zu ihrem Wachstum eine höhere Sommerwärme als 15° erheischten, aber auch eine niedrigere Wintertemperatur als 6° ertrugen.

Gletscher hätten in einem solchen Klima nicht bestehen können und sich auf die Gebirgshöhen beschränkt. Dagegen wären winterliche Schneefälle möglich gewesen und außer den Magnolien und Tulpenbäumen hätten wohl auch die Dicksonien solche ertragen, da nach Gregory *Dicksonia antarctica* auf den Snowy Plains Victorias manchmal 4 bis 5 Monate lang von Schnee umhüllt bleibt.

Die subpolare Landbedeckung müßte aber um vieles geringer sein als sie sich auf den meisten palaeogeographischen Kartenentwürfen zeigt. Die wenigsten dieser Entwürfe, unter ihnen Neumayr's Jurakarte, lassen eine solche Vorherrschaft des Meeres im subpolaren Gürtel erkennen, wie sie ein mildes, ozeanisches Klima an meistbegünstigten Stellen des Polargebietes als Vorbedingung verlangt.

Zwischen den zwei Hauptproblemen der Altklimakunde, dem milden Polar- und kühlen Tropenklima, zeigt sich so eine Analogie.

---

[1] Siehe meine Arbeit· Untersuchungen über die morphogene Klimakomponente der permischen Eiszeit Indiens. Diese Sitzungsber., 1917, 2. u. 3. Heft.

Beide[1] lassen sich im Gegensatz zu wiederholt geäußerten, meist nur kritiklos nachgesprochenen, aber nie bewiesenen Ansichten als Wirkungen extrem günstiger geographischer Bedingungen aufzeigen; für beide gilt aber, daß — soweit es sich um bestimmte Fälle handelt — jene extremen Bedingungen nicht erfüllt gewesen zu sein scheinen.

So möchte sich für diese Fälle eine Heranziehung hypothetischer Klimafaktoren als nötig erweisen, sofern nicht an den Linienziehungen der Palaeogeographen noch eine wesentliche Änderung in Erwägung kommen kann.

---

[1] Das letztere Problem ist in meiner Arbeit. »Klimatologische Prüfung der Beweiskraft geologischer Zeugen für tropische Vereisungen« rechnerisch untersucht. Diese Sitzungsber., 1918, 8 u. 9. Heft.

Gedruckt auf Kosten des Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Beziehungen zwischen Talnetz und Gebirgsbau in Steiermark

Von

Josef Stiny in Bruck a. d. Mur

(Mit 8 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 4. Mai 1922)

In einer kleinen Arbeit über das Tertiär der Waldheimat[1] habe ich auf den Einfluß hinzuweisen versucht, den Störungen im Gebirgsbau zuweilen auf die Ausbildung des Entwässerungsnetzes ausüben. Zweck der nachstehenden Zeilen ist es, das damals nur ganz kurz erwähnte Beispiel des Talnetzes der Waldheimat etwas ausführlicher zu schildern und gleichzeitig den Beobachtungskreis zu erweitern.

Bei allen Betrachtungen über die Entwicklung der Täler in den Alpen muß man von der Tatsache ausgehen, daß in vormiozäner Zeit die Hauptentwässerungsrichtung des größten Teiles der Alpen nordsüdlich, beziehungsweise südnördlich verlief; darauf deuten die Fremdgeschiebe der Gosauablagerungen hin und dafür sprechen auch die zahlreichen Fundpunkte von tertiären Schottern und Augensteinen[2] auf den Hochflächen unserer Kalkalpen; ein weiterer Beweis liegt in der von Krašan[3] beobachteten Kalkarmut der tertiären Ablagerungen von Aflenz trotz der Nähe der Kalkalpen. Nach dem Abklingen der letzten großen Auffaltung der Alpen und den mit ihr Hand in Hand gehenden Überschiebungen, treten im Bilde des Aufbaues der Alpen immer schärfer Bewegungen in annähernd lotrechter Richtung hervor; sie führten zum Einbruche der inneralpinen Wiener und der ersten Anlage der Grazer Bucht, hoben aber auch im Innern der Alpen gar manchen Berggürtel über seine Umgebung empor oder drückten einen anderen in die Tiefe; zahlreiche Senkungsfelder, die bereits Gemeingut des Schrifttumes[1] geworden sind, wie z. B. das innerkärntnerische, jenes von Judenburg—Knittelfeld, von Kapfenberg—St. Marein im Mürztale, von Krieglach—Langenwang usw. sind auf diese Weise entstanden. Die Alpen, welche vor dem Beginne des Miozän im großen und ganzen den Anblick eines Mittelgebirges geboten haben mochten, mit sanften Abhängen und von flachen Kuppen überragten Tälern, in welchen große Flüsse mit geringem, der Zerkleinerung und völligen Rundung der Geschiebe günstigem Gefälle ihre Bogen zogen, tauchten immer stärker aus ihrer Meerumrahmung auf; die Hebungen und örtlichen Senkungen belebten, das Gefälle steigernd, die Schurfkraft der Gewässer, welche ungeheure Schuttmengen während des Restes der Tertiärzeit ins Vorland hinaussandten, dabei im Alpeninnern die gewaltigen Hohlformen von Tälern schaffend, die ihren Ausmaßen und ihrer Gestalt nach, gewiß in vielen Fällen auch ihrer Anlage nach als neue zu bezeichnen sind. Konnten noch im Miozän im Innern der Alpen weite Gebiete mit Seen, Mooren und Süßwasserablagerungen bedeckt sein, wie sie uns in winzigen Resten in Senkungsfeldern und Grabenbrüchen erhalten geblieben sind, so werden nunmehr die Bedingungen für die Ablagerung von Schuttmassen im Innern der Alpen immer ungünstiger; die Geschiebe wandern zum weitaus überwiegenden Teile in die tiefliegenden, aufnahmsfähigen Randgebiete hinaus, während wir weiter drinnen im Gebirge Ablagerungen sicher nachmiozänen Alters ziemlich selten oder nur in spärlichen Resten vorfinden. Die Alpen stehen im Pliozän im Zeichen eines beispiellosen Abtrages, demgegenüber die eiszeitliche Ausräumung nur ein Kinderspiel gewesen zu sein scheint. Diese einschneidenden Veränderungen der Höhenlage einzelner Streifen der Alpenmittelgebirgskette während ihres Emporwachsens zum Hochgebirge mußten aber auch weittragende Folgen für die Entwässerung der Gebiete nach sich ziehen. Hierfür sollen im nachstehenden einige Belege beigebracht werden.

---

[1] Stiny J., Beziehungen des Tertiärs der Waldheimat zum Aufbau des Nordostspornes der Alpen. Zentralblatt für Mineralogie, 1922, Nr. 2, p. 49 bis 57.

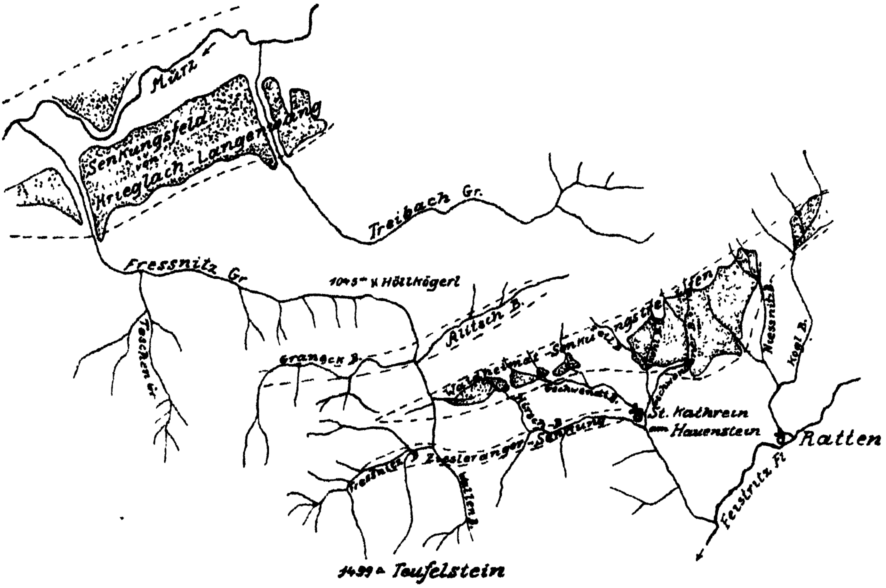
[2] Götzinger G., Zur Frage des Alters der Oberflächenformen der östlichen Kalkhochalpen. Mitteil. d. geograph. Gesellsch. in Wien, 1913, p. 39 ff.

[3] Krašan Fr., Das Tertiärbecken von Aflenz Mitteil. naturw. Ver. f. Steiermark, 1896, p. 51 ff.

Betrachtet man eine Karte der Waldheimat näher, so fallen vor allem die fast rechtwinkeligen Umbiegungen auf, welche der Treibachgraben, der Fressnitzgraben, der Gschwendenerbach, Gschwendtbach u. a. erleiden. Die geologische Aufnahme des Gebietes hat gezeigt, daß das Tertiär der Waldheimat einem grabenbruchähnlichen Senkungsstreifen seine Erhaltung verdankt, und daß diese Tiefenfurche, welche in auffälliger Weise der langgestreckten Senke von Krieglach — Langenwang gleichläuft, von einigen weiteren Zerrüttungsstreifen und Absenkungsgürteln begleitet wird; so zieht beispielsweise aus dem obersten Fressnitzgraben über den 1126 *m* hohen Sattel des Ziesleranger und den Hirschbachmittellauf eine von Quetschzonen und Gesteinszermürbungen begleitete Niederung gegen St. Kathrein am Hauenstein, eine zweite streicht vom Graneckbachunterlaufe in den Allitschgraben. Die Absenkung des mittleren Grabenbruches mochte 360 bis 400 *m*, jene der beiden anderen weit weniger betragen haben. Die Entwässerung des Teufelsteingebietes erfolgte sicherlich früher in nordsüdlicher Richtung; der Teschengraben, heute ein Nebenbach des Fressnitzbaches, beherrschte den heutigen Fressnitzgrabenunterlauf, während der Wallenbach, über den Sattel des Höllkögerls (1045 *m*) fließend, in dem dermaligen Unterlaufe des Treibachgrabens seine Fortsetzung

---

[1] Diener C., Bau und Bild der Ostalpen und des Karstgebietes, Wien 1903.



- - - - Umgrenzung der Senkungsfelder und Zerrüttungsstreifen. . Tertiär.

Fig. 1

fand. Die gewaltige Absenkung beim heutigen Krieglach — nach Petraschek[1] etwa im Ausmaße von 700 *m* — belebte die Schurfkraft des Teschengrabenunterlaufes derart, daß auch sein stärkster östlicher Nebenbach, durch Gesteinszerrüttung begünstigt, die Kraft gewann, rückwärtseinschneidend den Wallenbach anzuzapfen und so die heutige Fressnitz zu schaffen; noch jetzt stellt der Fressnitzgraben unterhalb der »Waldschule« auf etwa 2 *km* Länge eine enge, wilde Schlucht dar, welche die Wässer schäumend und über Schnellen stürzend durcheilen; oberhalb der Felsklamm jedoch erweitert sich das Tal merklich und der Bach fließt ruhig durch Wiesengelände dahin. Wie groß die Einsägekraft des Teschengrabenseitenastes war, zeigt die ganz gegen den Graneckbach zu verschobene Wasserscheide; daß für die Anlage der Tiefenfurche

---

[1] Petraschek W., Tektonische Untersuchungen am Alpen- und Karpatherande. Jahrb. der geolog. Staatsanstalt, 1920, p. 256 ff.

Graneckbach—Allitschgraben nicht das im allgemeinen nordöstliche Schichtstreichen allein maßgebend war, sondern die Ausbildung eines allerdings nur wenig ausgeprägten Zerrüttungsstreifens, beweist die auf der Südseite, gegen den Hauptkamm des Gebirges zu geringere Breite des Allitschbacheinzugsgebietes. Von Schollenbewegungen beeinflußt war gewiß auch die mittelpunktsuchende Entwässerung des obersten Fressnitzgebietes.

Besonders deutlich kommt aber die zusammenfassende und wassersammelnde Kraft von Senkungsstreifen und Senkungsfeldern längs der Waldheimatlinie zur Äußerung, wie schon ein flüchtiger Blick auf Fig. 1 lehrt. Die Talstücke, welche sich an die sanft geneigten Laufstrecken innerhalb der Tertiärgebilde gegen abwärts zu anschließen, tragen alle Kennzeichen von Klammen; so beim Hirschbache zwischen dem Heidenwalde und dem Eggkogel, beim Kohlbache und beim Gschwendenerbache; sehr hübsch entwickelt ist auch die Klamm des Niessnitz-, beziehungsweise Kogelbaches. Eine weitere Felsenge mit zahlreichen kleinen Wasserfällen und Bachschnellen durchmißt der Hirschbach kurz vor seiner Einmündung in die Feistritz, nachdem er gemächlichen Laufes den — in der Karte nicht angedeuteten — Zerrüttungsstreifen seines Mittellaufes durchmessen hat. St. Kathrein wird auf diese Weise zu einem auffallenden, aus der Gesteinsbeschaffenheit heraus nicht erklärbaren und nur mit Gebirgsbewegungen zu begründenden Mittelpunkte eines Entwässerungsnetzes von eigenartig quergestreckter Form.

Südöstlich der flachen, an die brotlaibähnlichen Formen des Böhmerwaldes erinnernden Kuppe des Teufelsteins zieht, gleichgerichtet mit dem Mürztale, eine Störungslinie aus der Gegend von Fischbach bis etwa an die Örtlichkeit »am Sand« nördlich von Falkenstein. Mit den sie begleitenden Verwerfungslinien bildet sie eine Art kleinen Senkungsfeldes (Abb. 2), dessen Einhänge nach allen Seiten steil aufsteigen und besonders am Teufelstein einen auffälligen Gegensatz schaffen zu den sanften Formen der Bergeshöhen und -rücken. Zwischen Fischbach und dem Weiler Dissau streben die Wasserrinnen einem sie vereinigenden Grunde zu, dessen Sohle weithin verhältnismäßig breit entwickelt ist; nach dem Austritte aus dem Senkungsfelde aber durchmißt der Dissauerbach ein enges, steilwandiges Felstal, bevor er seinen Aufnehmer, die Feistritz, erreicht. Bezeichnenderweise haben sich in der Dissauer Senkungsgrube Kalke und Dolomite der Semmeringentwicklung erhalten, welche sonst kilometerweit im Umkreise fehlen; ob Tertiär in der Furche überliefert worden ist, werden weitere Untersuchungen zeigen.

Mit der Mürzlinie gleichgerichtet ist auch die Achse des Senkungsfeldes von Passail, von der bereits Krebs[1] Beziehungen zum auffällig hervorragenden Horste des Hochlantschstockes erwähnt. Wenn aber Krebs (a. a. O.) die Bemerkung einflicht, das Passailer Becken sei vom rinnenden Wasser ausgewaschen worden, so irrt er;

---

[1] Krebs N., Länderkunde der österreichischen Alpen. Stuttgart 1913.

die Gesteine seines Untergrundes haben die Ausnagung begünstigt, die Form der Wanne aber liegt im Gebirgsbau begründet. Ihre — wenn auch vielleicht nicht ununterbrochene — Fortsetzung scheint die Passailer Verwurfslinienanhäufung in der Gegend von Birkfeld zu finden, aus der bereits Aigner[1] einige Tertiärfetzen geschildert hat, die Kohlenschmitze führen. Ob das mit Tertiär erfüllte Passailer Senkungsfeld (Fig. 3), das mit der Mur—Mürzlinie und dem allgemeinen Abbruche des Nordostspornes der Alpen gegen die steirische Bucht annähernd gleichläuft, auch entfernte Beziehungen besitzt zur gleichgerichteten Vererzungszone Stübing—Übelbach—Rabenstein—Arzberg—Haufenreit, vermag ich nicht zu bejahen, hielte es aber wohl für möglich. Früher mochte die Entwässerung der Umgebung des jetzigen Passail durch mehrere nordsüdlich ziehende Bäche erfolgt sein, denen außer den heutigen Tiefenfurchen noch die Übergänge des Schöckelkreuz (1126 *m*) und des Wachthaussattels (955 *m*) zur Verfügung standen. Dermalen sammelt, begünstigt durch die Herausbildung des Senkungsfeldes, die Raab fast alle Wässer der Mulde und nur ein kleiner Teil der östlichen Hälfte des Einbruchsfeldes wird durch den Weizbach gesondert entwässert. Den breiten, teilweise versumpften Talböden im Innern der Wanne von Passail entspricht auch hier wieder eine klammartige Fortsetzung gegen Süden, wo die Schurfkraft durch die Einbrüche der steirischen Bucht lebhaft gesteigert worden ist, aber rückschreitend noch nicht bis zum Senkungsfeld selbst vordringen konnte; unter dem Namen Raabklamm und Weizklamm locken diese wilden Felsschluchten alljährlich viele Bergwanderer ins Tal. Die tektonische Anlage des Entwässerungsnetzes der Wanne von Passail hat aber noch eine andere beachtenswerte Erscheinung im Gefolge, die unmittelbar mit der Tieferlegung des Schurfkraftausgangspunktes zusammenhängt. Zwei Quellbäche, die Raab und

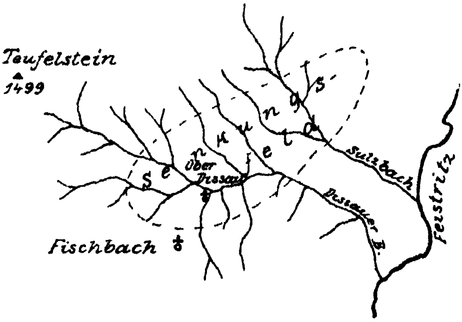


Fig. 2.

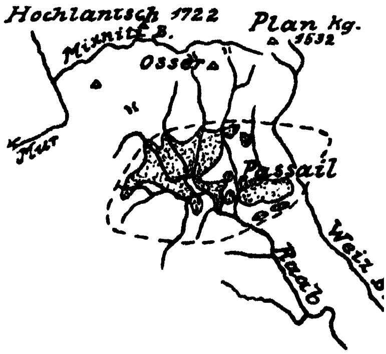


Fig. 3.

---

[1] Aigner A., Geomorphologische Studien über die Alpen am Rande der Grazer Bucht. Jahrb. R. A., Wien 1917.

der Toberbach haben ihre obersten Einzugstrichter bereits tief in die Hochlantschmasse zurückgeschoben und drohen den Mixnitzbach anzuzapfen und dem Flußgebiete der Raab untertan zu machen; beim Angerwirt trennt ein kaum 15 *m* hoher Sattel die Flußgebiete von Mur und Raab und auch der Sattel des sogenannten Schwabbauerneck (1251) überragt um kaum 20 *m* die Sohle des Hochtales der Teichalpe unweit des »Holzmeister«.

Durch Verwerfungen bedingt ist auch die erste Anlage des eigenartigen Kessels von Rein (Fig. 4) mit seiner streng einheitlichen Entwässerung gegen das Murtal bei Gratwein. Diesmal sind es Störungen, welche hauptsächlich nordsüdlich streichen, eine der zahlreichen Abweichungen von der nur allgemein geltenden Regel des Südwest—Nordostverlaufes der Hauptverwerfungen, worauf ich in meiner Waldheimatarbeit schon kurz hingewiesen habe und worüber ich an anderem Orte noch ausführlicher berichten will. Mehr untergeordnet treten allerdings auch im Reiner Kessel und seiner Umrahmung Brüche und Absenkungen mit südwest—nordöstlichem Streichen auf; sie haben das die Tertiärreste tragende Grundgebirge in einzelne Schollen zerlegt und gewinnen, staffelartig an Sprunghöhe zunehmend, schließlich gegen Süden zu die Oberhand über die nordsüdlichen Verwerfungslinien, welche in der Heraushebung des horstähnlichen Plawutschzuges ihren letzten Trumpf auszuspielen scheinen.

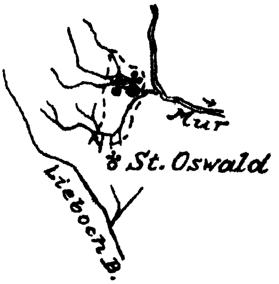


Fig. 4

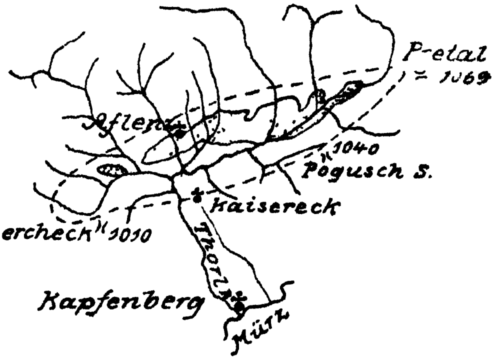


Fig. 5

Unstreitig das schönste Musterbeispiel für einem Tiefpunkte zustrebende Entwässerung bietet das langgestreckte Becken von Aflenz-Göriach (Fig. 5), das bereits Krebs in seine Länderkunde der österreichischen Alpen, jener Fundgrube wertvoller Einzelangaben über unsere Gebirgsländer, aufgenommen hat. Auch hier hat eine Art Grabenbruch, der Murmürzlinie gleichgerichtet, mit einer Sprunghöhe von etwa 300 *m* (nach Petraschek) die Aufnahme und Erhaltung von Tertiärablagerungen gefördert. Für die alte Entwässerung standen drei Sättel zur Verfügung; das Lercheck (1010 *m*), als Furchenrest eines Vorläufers des Ilgnerbaches, das etwa 1115 *m* hohe Kaisereck als Fortsetzung des heutigen Fölzgrabens und der Sattel von Pogusch (1040 *m*), als Abzugsrinne für Seebach und Stübminggraben, wenn hier nicht vielleicht noch andere Verbindungen mit dem Süden bestanden.

Weniger einheitlich liegen die Verhältnisse im Senkungsfelde von Trofaiach, von dem wir gleichfalls Krebs eine Abbildung verdanken (a. a. O., p. 48). Ich habe in der beigegebenen Zeichnung (Fig. 6) von der Fortsetzung des Tertiärbeckens gegen Westen, die jetzt gegen die Liesing hin entwässert wird, abgesehen, und nur jenen Hauptteil des Senkungsfeldes zur Darstellung gebracht, der Trofaiach als Sammelpunkt der Wässer hat. Gegen Süden, wo sich Beziehungen zum Tertiär von Leoben nachweisen lassen, verwickeln sich die Verhältnisse durch Auftreten zahlreicher weiterer Störungslinien, wodurch die Abgrenzung der Wanne gegen die Grabenfurche des Murtales verwischt wird. Aber auch im Innern des Senkungsfeldes kreuzen sich verschiedene Verwerfungsrichtungen, welche einerseits mit stärkerer Betonung nördlicher Richtung gegen die Furche von Aflenz hinweisen, andrerseits aber mit mehr östlichem Einschlage auf die Fortsetzung der Mürzlinie bei Winkel hinzielen. Das Ausmaß der Absenkung des Trofaiacher Tertiärs soll nach Petraschek etwa 400 *m* betragen.

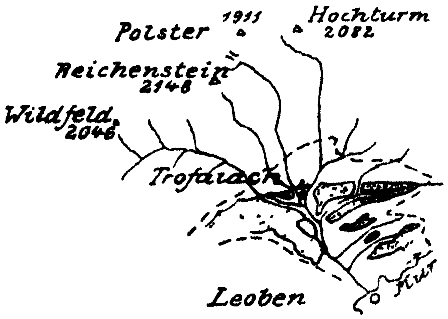


Fig 6

Lange schon bekannt und in neuerer Zeit hinsichtlich von Fragen der Talbildung neuerdings wieder von Oestreich[1] und Sölch[2] bearbeitet und von Krebs (a. a. O.) in kurzen Umrissen trefflich geschildert, ist das Becken von Judenburg--Knittelfeld (Fig. 7) mit seinen Ausläufern, dem Grabenbruch von Seckau — Ingering und der Weitung von St. Oswald. Ähnlich wie beim Senkungsfelde von Trofaiach — und auch sonst oft, wenn auch in weniger auffälliger Form — haben wir es auch hier mit einem ganzen Netze von Verwerfungen, Zerrüttungsstreifen usw. zu tun, welche verschiedene Winkel miteinander einschließen und sich daher vielfach scharen oder kreuzen. Eine nordsüdliche, von Petraschek (a. a. O.) bereits wohlvermerkte Grabenbruchlinie streicht über Obdach mit seinen tertiären, Braunkohle fuhrenden

---

[1] Oestreich K., Ein alpines Längstal zur Tertiärzeit. Jahrb. R. A., 1899, p. 165 ff.

[2] Sölch J. Epigenetische Erosion und Denudation. Geologische Rundschau, Bd. IX, p. 161 ff.

Ablagerungen ins Lavanttal hinunter, an dessen Vorzeichnung durch den Gebirgsbau wohl heute niemand mehr zweifelt.[1] Eine Anzahl von Störungslinien geht der Mur—Mürzlinie gleich und begrenzt das Judenburg—Knittelfelder Senkungsdreieck, dessen Schichten nach Petraschek wohl bis zu 1500 *m* tief eingebrochen sein mögen, im Südosten. Im Südwesten sind mindestens zwei Hauptverwurfslinien vorhanden; die eine zieht am Nordfuße des Liechtenstein- und des Falkenberges vorüber, die andere streicht aus dem kleinen Feenberger Tertiärbecken gegen den Pölshals; vielleicht liegt auf ihr der bekannte Sauerbrunnen von Talheim. Die innere Störungslinie scheint sich mit den das Becken im Norden begrenzenden Verwerfungen zu scharen; wenigstens häufen sich im Fohnsdorfer Bergbau die Störungen im Flötz gegen Westen in auffallender, verwirrender Weise. Manches deutet darauf hin, daß sich Verwerfungen aus dem Judenburger Becken in das untere Pölstal, etwa bis in die Gegend von Möderbruck, fortsetzen. Hierfür sprechen die Tertiärablagerungen von St. Oswald und die von mir beobachtete starke tektonische Veränderung der Gesteine an vielen Punkten der Gegend zwischen Unterzeiring, St. Oswald und Möderbruck. Der Betrag der Absenkung wächst vom Beckennordrande allmählich gegen Süden an.

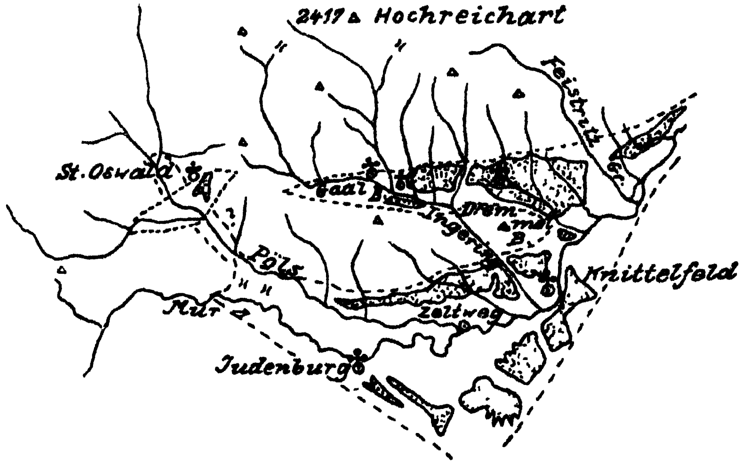


Fig. 7

Annähernd gleichen Verlauf mit der nördlichen Grenzstörung des Judenburger Beckens nimmt eine aus dem Murtale etwa bei Preg abzweigende Verwerfungslinie, die das Tertiärbecken von Seckau im Norden begrenzt; die Sprunghöhe der Absenkung — es mag sich wohl auch um einen schmalen Grabenbruch handeln — nimmt von Westen gegen Osten im allgemeinen zu. Auch diese Linie, oder besser gesagt, auch diese Linien erstrecken sich ins

---

[1] Höfer H., Die geologischen Verhältnisse der St. Pauler Berge in Kärnten. Sitzungsberichte d. Akad. d. Wiss., mathem.-naturw. Kl., 1894.

Grundgebirge; ihre westliche Fortsetzung erscheint durch die Tiefenfurche angedeutet, welche südlich des Alpendörfchens Gaal ungefähr mit dem Gaalbache gleichgerichtet zwischen den Rückfallkuppen 1236, 1219 und 1065 *m* der Spezialkarte und dem Gaalereckkamme verläuft. Ob sich diese Störung, wie mir einige Beobachtungen im Gebiete des Rosenkogels (1921 *m*) anzudeuten scheinen, über das Sommer-Törl noch ins Pölstal fortsetzt, wage ich noch nicht sicher zu behaupten. Gewiß ist, daß außer den das Judenburger Becken im Südwesten abgrenzenden Hauptverwürfen noch eine Reihe ihnen gleichgerichteter Störungen das Becken kreuzt. Sie haben den Gebirgskeil zwischen dem Hauptbecken und der Seckauer Bucht in zahlreiche Schollen zerlegt, von denen die niedrige Anhöhe, welche das Schamberger Anwesen bei St. Lorenzen trägt, der Sulzberg, der Eichberg und der Dremmelberg genannt sein mögen; mit der gegen Westen abnehmenden Sprunghöhe der Verwerfungen steigt auch die Höhe der Berge, welche durch den Abtrag aus den zu Bruch gegangenen Schollen herausgemeiselt wurden, staffelförmig an.

Die Beeinflussung der Gewässer durch den Einbruch des Judenburg-Knittelfelder Beckens wurde im Schrifttume bereis mehrfach gewürdigt; so schreibt Oestreich (a. a. O.) ihr die Verschleppung der Pölsmundung zu, während Sölch (a. a. O.) sich in sehr gründlicher Weise mit verschiedenen Erscheinungen der Talauflegung im Gebiete beschaftigt. Im Gegensatze zu Oestreich möchte ich aber nicht glauben, daß das heutige, für eine Anzapfungsstrecke auffallend breite, unterste Stück des Ingeringbaches durch Rückwärtseinschneiden eines Seitenbaches der Mur und durch Anzapfung eines früher über die Hohe von Seckau geflossenen Gewässers entstanden ist, es erscheint vielmehr im Gebirgsbau bedingt, geradeso wie die Zusammenfassung der nordsüdlich strömenden Wasserläufe des Gebietes, des Gaal-, Ingering-, Vorwitz- und Gradenbaches zum überwiegenden Teile eine Wirkung der stattgefundenen Absenkungen und Schollenverschiebungen ist. Im Anhange zur hübschen Darstellung der Talverlegungen auf dem Obdacher Sattel, die wir Krebs (a. a. O.) verdanken, möchte ich ergänzend noch bemerken, daß die Abzapfung der Quellgebiete des Kienberger- und des Granitzbaches eben eine Folge der Tieferlegung des Schurfausgangspunktes des Murzubringers durch den Beckeneinbruch ist; ja ich möchte sogar glauben, daß sich die Richtungen der genannten Bäche recht gut in den Rahmen einer einstigen, viel mehr vorherrschenden Nordsüdentwässerung einfügen ließen.

Der Gebirgsbau hat ferner sicherlich auch die Abflußverhältnisse des Ausseer Gebietes (Fig. 8) in einschneidender Weise umgestaltet. Aus dieser Gegend hat Krebs (a. a. O., p. 48) bereits das Durchbruchstal der Koppenschlucht kurz bildlich zur Darstellung gebracht; Mojsisowics und Geyer verdanken wir wertvolle geologische Aufnahmen des Geländes, aus denen sich der Beweis erbringen läßt, daß die westöstlich verlaufenden Talrichtungen der Gegend tektonisch bedingt sind. So hat z. B. die Heilbrunnlinie Geyers zwei Täler vorgezeichnet, welche von dem Bade Heilbrunn gegen Westen und Osten ausstrahlen und in den Talrichtungen der beiden Grimmingbachquelläste ihre Fortsetzung finden. Das Salzatal selbst erscheint durch den Salzabruch Geyers bedingt. Der ganze Tiefenstreifen Kainisch—Klachau ist ein Teil eines alten Senkungsfeldes, in dem sich die bekannten Reste der Hallstätter Decke erhalten konnten. Der Weißenbachlinie folgt das westöstlich verlaufende Weißenbachtal und im Becken von Aussee ist dessen Bedingtheit durch westöstliche Verwerfungen, welche einen langgestreckten Einbruch hervorriefen, durch das Auftreten weicher, leicht zerstörbarer Werfener Schichten wohl weniger klar erkennbar, aber doch nicht ganz verwischt. Schmalen, grabenbruchähnlichen Senkungen,

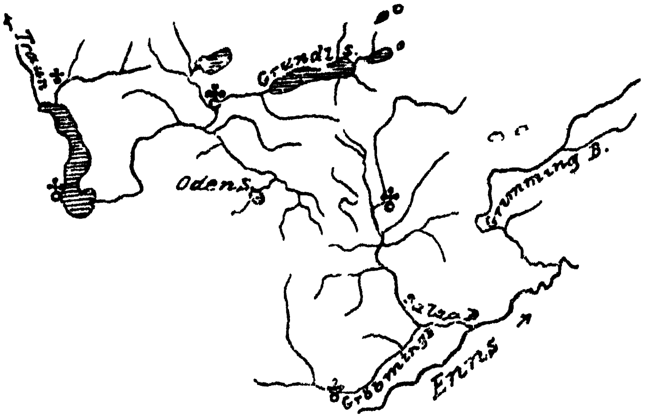


Fig. 8.

an deren Rändern sich gewaltige Schichtabbeugungen in wunderbarer Klarheit erkennen lassen, verdanken die Seen um den reizend gelegenen Markt Aussee ihre Entstehung; so der Grundlsee, der Toplitz- und der winzige Kammersee, der Altausseer See und der rechtwinkelig nach Osten umgebogene Zipfel des Hallstatter Sees samt der gegen den Koppenwinkel vorgeschobenen Schwemmlandsbucht; damit soll jedoch keineswegs die Tatsache abgeschwächt werden, daß an der Aufstauung des Grundl- und des Altausseer Sees bis zur heutigen Höhe auch vorgelagerte Moränengürtel und sonstiger Eiszeitschutt ihren Anteil haben. Wie anderwärts, so werden auch im Ausseerländchen die Längstalfurchen vielfach durch Quertäler entwässert, welche klammähnlich entwickelt sind; man denke da nur an die engen Felsschluchten des Salzabaches (»durch den Stein«) und des Grimmingbaches; ganz besonders unangenehm für die öffentlichen Interessen macht sich die Durchbruchsklamm der vereinigten Traun zwischen Bahnhof Aussee und Koppenwinkel bemerkbar, woselbst sich der Fluß heute noch in so lebhaftem Rückwärtseinschneiden befindet, daß die Eisenbahn durch Uferbrüche wiederholt unterbrochen und der Verkehr auf Wochen hinaus unterbunden wurde; in ähnlich kräftiger Weise tieft sich auch die Kainischtraun dort ein, wo ihr Lauf aus der Ostwest- in die Nordsüdrichtung übergeht; gewaltige, den Verkehr auf der Reichsstraße und auf der Eisenbahn immer wieder bedrohende Uferbrüche starren hier dem Wanderer entgegen, welcher, von Aussee kommend, ganz genau den Punkt feststellen kann, bis zu welchem der rückwärtsschreitende Tiefenschurf bereits vorgedrungen ist; oberhalb dieser Stelle ist die Ödensee—Traun ein harmloses Wiesenwässerchen; aus diesem Grunde stellen die bisher mit großen Kosten ausgeführten Sicherungsmaßnahmen in der Form vorwiegender Längsbauten an der Kainischtraun auch nur ein Stümperwerk von vorübergehender Wirksamkeit dar; erst wenn man darangehen wird, neben der Bekämpfung des weniger gefährlichen Seitenschurfes auch dem die Hauptschäden verursachenden Tiefenschurfe in wirksamer Weise zu begegnen, kann von einer zweckmäßigen Verwendung von Baumitteln die Rede sein. So beweist auch dieser Fall die Nützlichkeit geologischer Kenntnisse für das Wasserbaufach.

Ich begnüge mich für diesmal mit den angeführten, weniger bekannten Beispielen einer starken Beeinflussung des Entwässerungsnetzes durch den Gebirgsbau. Dabei habe ich absichtlich die beiden großen Längstäler der Enns und der Mur nicht erwähnt, weil ich ihre Entstehung durch grabenbruchähnliche Einsenkungen bereits für erwiesen und sehr bekannt halte. Während aber im Ennstale ein anscheinend ziemlich einheitlicher, langgestreckter Einbruch erfolgte, wird man bei der Betrachtung der Mur—Mürzfurche zu der Überzeugung geführt, daß hier einzelne, perlschnurähnlich aneinandergereihte, mehr oder weniger miteinander in Verbindung tretende, langgestreckte Teilbecken vorliegen, unter denen jene von Mürzzuschlag—Langenwang—Krieglach—Wartberg, Kindberg—Marein, Leoben und Knittelfeld—Judenburg die bedeutsamsten sind. Wenn daher für das Mur—Mürztal des öfteren ein alter Abfluß über den Semmering ins Wiener Becken gesucht wird, so ist dem entgegenzuhalten, daß im Gegenteile die alten Hauptentwässerungsrichtungen nordsüdlich, beziehungsweise südnördlich verliefen; die jetzige Mur stellt aller Wahrscheinlichkeit nach eine jugendliche Bildung dar, welche gelegentlich der erfolgten Einbrüche, diese verbindend, entstanden ist und alle nordsüdlichen alten Laufstrecken zusammengezogen und einer einheitlichen Entwässerung zugeführt hat.

Als Folge der stattgefundenen Einbrüche und der jedenfalls Hand in Hand mit ihnen gehenden Hebungen sehen wir denn auch allenthalben den deutlichen Gegensatz hervortreten zwischen den ausgeglichenen, ruhig vornehmen Formen erhalten gebliebener Oberflächenteile einerseits und den von schutterfüllten Niederungen ausstrahlenden, jugendlichen Einfurchungen, Zertalungen und Einkerbungen anderseits; man braucht da bloß die Teigitschklamm mit den sanften Wellen der Bergrücken um Edelschrott, die Feistritzengen und den Stuhleck—Wechselzug, die Hochfluren unserer

Kalkalpen und die in sie sich zurückfressenden Runsen und Klammen miteinander zu vergleichen. Bei der Erkennung und Feststellung der an die Auffaltung anknüpfenden, krampfartigen Zuckungen des Alpenleibes wird die Geländeformenkunde dem Geologen überaus wertvolle Fingerzeige geben können.

Über die Zeit der hauptsächlichsten Talverlegungen sich zu äußeren, dürfte heute wohl noch verfrüht sein; der Keim zu ihnen wurde sicherlich bereits im frühesten Miozän gelegt. Über die hierauf folgenden Zeiten, deren wechselvolle Ereignisse wir in den Randgebieten und in den Ablagerungen der Vorländer so gut ablesen können, hat im Innern der steirischen Alpen die kräftig und nachhaltig einsetzende, spättertiäre Schurfarbeit dichte Schleier gebreitet, deren Hebung erst sorgfältigen Aufnahmen des ganzen Geländes in großem Maßstabe gelingen dürfte. Festeren Boden betreten wir erst wieder in der Eiszeit, bei derem Anbruche ein Großteil der Zerstörung des Alpengebirges schon geleistet war. Aber auch hier trüben Talverbiegungen zuweilen das Bild, einerseits breitsohlige Täler und andrerseits wiederum hochgelegene Baustufen schaffend. Mit der Sammlung von Beobachtungstatsachen für solche Talverbiegungen im Mur—Mürztale und in Mittelsteiermark außerhalb des Arbeitsgebietes Winklers[1] beschäftigt, der aus der Oststeiermark schöne Beispiele und Beweise für jugendliche Verbiegungen beigebracht hat, möchte ich heute schon auf die Möglichkeit hinweisen. die Breitsohligkeit mancher Täler, wie jene des Söding-, Liebochbaches usw., durch Annahme von langsamen Senkungen im Zuge von Talverbiegungen[2] zu erklären. Solche kilometerbreite Täler bergen einen Wasserlauf, der, um einen bekannten Ausspruch zu wiederholen, sich in seiner Umrahmung ausnimmt wie eine Maus im Löwenkäfig. Es ist wohl nicht denkbar, daß sie sich ihre Sohle, deren Breite die Schwingungsweite ihrer Schlingen um ein vielfaches übertrifft, durch seitlichen Schurf geschaffen haben; viel verständlicher wird die Erscheinung, wenn man annimmt, daß es sich um »ertrunkene« Täler handelt, deren Wasserläufe keine Schurfkraft mehr besitzen, sondern ihr Bett, wie die niederen Ufer und die Versumpfungen des Talbodens zeigen, durch Aufschlämmen zu erhöhen gezwungen sind.

---

[1] Winkler A.· Beitrag zur Kenntnis des oststeirischen Pliozäns. Jahrb. der Geolog. Staatsanstalt, Wien 1921, 1. und 2. Heft, sowie einige ältere Arbeiten des gleichen Verfassers.

[2] Vgl. darüber auch Ampferer O., Bohrungen im Inntale. Verhandlungen der Geolog. Staatsanstalt, Wien 1921.

Gedruckt auf Kosten des Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Beiträge zur Kenntnis des Blütenbaues von *Alangium*

Von

Karl Schnarf

(Mit 14 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 18. Mai 1922)

Einleitung.

Herr Dr. H. Handel-Mazzetti sammelte auf seiner Forschungsreise in China 1914 bis 1918 Material einer *Alangium*-Art, die ihm in die Nahe von *Alangium chinense* (Loor.) Rehd. (= *A. begoniifolium* [Roxb.] Baill) zu gehören schien, ohne aber mit diesem identisch zu sein. Mit Rücksicht auf die zweifelhafte Stellung der Gattung im System schien es mir von Interesse zu sein, den Blütenbau etwas genauer zu studieren, und ich bin daher Herrn Dr. Handel-Mazzetti zu besonderem Dank verpflichtet, daß er mir sein in Alkohol konserviertes und getrocknetes Material überlassen hat.

Was zunächst die Bestimmung der Art betrifft, so zeigte sich, daß die vorliegende Pflanze in der von Wangerin[1] gegebenen Diagnose von *A. begoniifolium* (Roxb.) Baill untergebracht werden konnte. Ein genaueres Studium des mir zugänglichen Herbarmateriales der Wiener Sammlungen überzeugte mich davon, daß diese Art, im Sinne von Wangerin genommen, eine Sammelspezies ist, und ich habe diese Auffassung dadurch zum Ausdruck gebracht, daß ich die untersuchte Pflanze als neu unter dem Namen *Alangium Handelii* n. sp. an einem anderen Orte[2] beschrieben habe. Hier sollen nur einige Bemerkungen über den Blütenbau und die Samenentwicklung in Kürze niedergelegt werden. Sie stützen sich auf das in Alkohol konservierte Material von *A. Handelii*, dürften aber bei der großen Einheitlichkeit der Gattung allgemeinere Geltung haben.

---

[1] W. Wangerin, *Alangiaceae* in Engler, Das Pflanzenreich IV, 220 *b*, 1910.

[2] In Handel-Mazzetti, Plantae novae Sinenses, 16. Fortsetzung. Sitzungsanzeiger der Akad. der Wiss., Wien 1922, Nr. 12.

ie Blüten haben einen unterständigen, gegen den Blütenstiel deutlich abgegliederten Fruchtknoten. Der Kelch ist bei unserer Art ein schmaler aufrechter Saum, der in ebensoviele breitdreieckige Zipfel endigt, als Petalen und Staubgefäße vorhanden sind. Die etalen hängen am Grunde etwas zusammen und zeigen valvate Knospenlage. Für *A. chinense* bezeichnet Wangerin die Zahl 6 als typisch in der Blüte, 7 als eine häufige Ausnahme. Ich fand meist siebenzählige Blüten. Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch die noch geschlossene Blüte etwa in halber Höhe. Wir sehen zu innerst den Griffel, um ihn herum die episepal gestellten Staubblätter, die ein kurzes, dicht von einzelligen Haaren bedecktes, breites Filament besitzen, das in ein langes, behaartes Konnektiv übergeht; dieses trägt die langen schmalen Antheren, die bis zum Ende der vor dem Aufblühen dicht zusammenschließenden Korollblätter reichen. Dort endigt auch der Griffel, der in eine vierteilige Narbe ausgeht. Ein Längsschnitt durch die Blüte (Fig. 1) belehrt uns darüber, daß ein halbkugeliger Diskus innerhalb der Staubgefäße vorhanden ist und daß der Fruchtknoten ein großes fertiles und ein kleines steriles Fach enthält. Nach dieser kurzen allgemeinen Charakteristik mögen die von mir eingehender studierten Eigentümlichkeiten besprochen werden.

Bau der Korollblätter.

Die auffälligste Erscheinung der Blüten ist ohne Zweifel die, daß sich die Korollblätter der aufgeblühten Blüten nach außen so stark zurückbiegen, daß sie sich spiralig zusammenrollen wie Stahlspäne.[1] Wie kommt nun diese Erscheinung zustande? Ein Querschnitt durch eine Knospe in halber Höhe belehrt uns darüber, daß die Korollblätter auffallend dick sind. In den Diagnosen der Gattung und der Arten werden sie als *loriformia, crassiuscula* beschrieben. Ein Querschnitt bei stärkerer Vergrößerung zeigt nun folgendes Bild (Fig 3): Außen eine papillöse Epidermis, die später noch eine nähere Beschreibung finden soll. Das Mesophyll, das innerhalb dieser Epidermis liegt, ist nun auf der der Blütenachse zugewendeten Seite ganz anders gebaut als außen. Innen finden wir ein aus kleineren, plasmareichen Zellen bestehendes Gewebe. Auf der Außenseite sind die Zellen deutlich größer und wie der Längsschnitt (Fig. 4) lehrt, in die Länge gestreckt, arm an Plasma und ihre Membranen dicker. Ich glaube, diese Unterschiede zwischen der inneren und äußeren Lage des Mesophylls sind klar genug, um den Schluß zu gestatten, daß die Zurückkrümmung der Korollblätter dadurch erfolgt, daß die äußere Partie ihr Wachstum vor dem Aufblühen bereits eingestellt hat, während die innere weiter wächst. Dieses Wachstum erfolgt durch eine Streckung, nicht durch eine Vermehrung der Zellen. In der Übergangszone zwischen den beiden

---

[1] Vgl die Abbildungen z. B. bei Wangerin, l. c. und in Bot. Reg. 24 (1838), p. 61.

Lagen liegen die Gefäßbündel, die gegen außen zu von **Sekretschläuchen** begleitet werden. Ihr Inhalt ist in unserem in Alkohol fixierten Material in Form von größeren oder kleineren den Wänden anliegenden Kügelchen niedergeschlagen. Gleichartige Sekretschläuche finden sich auch im Fruchtknoten als Begleiter der Gefäßbündel.

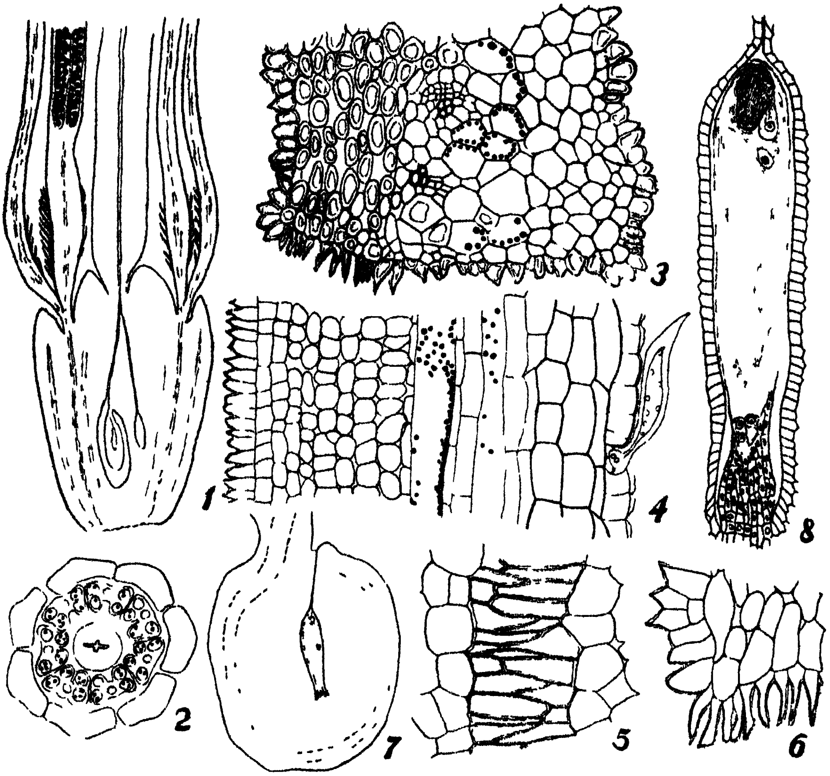


Fig. 1 bis 8

1. Unterer Teil der Blüte im Längsschnitt. **2.** Querschnitt durch die Blüte ungefähr in der halben Höhe der Blüte. **3.** Teil des Querschnittes durch ein Korollblatt. **4.** Längsschnitt durch ein Korollblatt. **5.** Die Verzahnung zweier Korollblätter aus einem Querschnitt durch die Kuppe der geschlossenen Blüte. **6.** Partie aus dem Querschnitte durch ein Korollblatt mit Verzahnungspapillen. **7.** Samenanlage im Längsschnitt. **8.** Embryosack und Mantelschichte im Längsschnitt.

(Vergrößerung 1 und 2 8-fach, 3 und 4 140-fach, 5 und 6 285 fach, 7 36-fach, 8 140-fach.)

Die Epithelzellen der Korollblätter weisen nun ziemlich große Unterschiede je nach der Lage der Fläche, auf der sie liegen, auf. Die Innenfläche ist von prismatischen, in eine ziemlich spitze Papille ausgehenden Zellen bedeckt. Auf der Außenfläche zeigen die Epithelzellen im Querschnitt ein ähnliches Aussehen wie auf der Innenseite, im Längsschnitte aber erweisen sie sich in der Längsrichtung gestreckt. Ihre Papillen haben dementsprechend nicht die Form eines spitzen Zahnes, sondern einer längsgestellten Schneide. Ihre Kutikula zeigt eine zarte Längsstreifung. Der in Fig. 4 dargestellte Längsschnitt hat auch ein Haar getroffen. Dieses ist einzellig, hat eine ziemlich breite Basis und oberhalb dieser eine deutliche Einschnürung. Die dicke Membran ist dort, wo sie an Nachbarzellen grenzt, mit Tüpfelkanälen versehen und gibt die Holzreaktion mit Phlorogluzin und Salzsäure. Haare von diesem Bau kehren an den verschiedensten Teilen der Blüte wieder. Auf der Außenseite der Korollblätter sind sie im allgemeinen spärlich, nur am Ende stehen sie dicht. Auf der Innenseite finden sie sich nur an der Basis (vgl. auch Fig. 1). Haare des gleichen Baues, nur von anderer Länge und Dicke, treten auch auf den Filamenten und Konnektiven und bei *A. chinense* auf dem Griffel auf, während *A. Handelii* einen völlig kahlen Griffel hat. Die Seitenflächen der Korollblätter zeigen gegen außen zu die nämlichen Epithelzellen, wie wir sie auf den Außenflächen kennen gelernt haben. Nach innen zu aber bilden sie äußerst schlanke, spitzige Papillen. Diese finden sich nun gerade dort, wo die Korollblätter zusammenstoßen und sind auf das innigste ineinander verzahnt, weshalb sie hier als Verzahnungspapillen bezeichnet werden mögen. Diese Verzahnung, die stark an die Zackennähte des Säugetierschädels erinnert, ist in Fig. 5 dargestellt, die einem Querschnitte durch die oberste Kuppe einer Blütenknospe entnommen ist. Hier sind die Papillen bedeutend größer und kräftiger als in tieferen Regionen (vgl. Fig. 6), wo sich ihre Verbindung auch früher zu lösen beginnt.

Diese Art der Verbindung valvater Blütenblätter im Knospenzustande ist nach Raciborski[1] eine weitverbreitete Erscheinung und findet sich nach diesem Autor u. a. auch bei den Korollblättern der Cornaceen und Umbelliferen. Sie dient nach ihm als Schutzmittel gegen das Austrocknen der inneren Blütenteile. Diese Auffassung kann gewiß auch bei *Alangium* geltend gemacht werden. Ich möchte aber doch die Frage zur Diskussion vorlegen, ob sie hier nicht auch blütenökologisch ausgenützt wird. Eine einfache Überlegung führt zu dieser Vermutung.

Das Zurückbiegen der Korollblätter kommt durch ein starkes Wachstum der Zellen der gegen innen zu liegenden Mesophyllschichte zustande. Dieses Zurückkrümmen wird aber gehemmt durch die Zellennaht, welchen Ausdruck Raciborski für diese Art der Verbindung verwendet. Insbesondere am Ende der Blütenknospen ist der Zusammenhang sehr fest. Die Folge dieser Hemmung muß aber eine sich immer mehr und mehr steigende Gewebespannung sein, die schließlich die Hemmung überwindet und zu einem plötzlichen Öffnen der Blüten führen muß. Die Blüten müssen sich geradezu explosionsartig öffnen.

---

[1] M. Raciborski, Die Schutzvorrichtungen der Blütenknospen. (Flora, *81*, 1895, Ergänzungsband, 151 bis 194).

Welcher Art ist nun die Auslösung der Blütenexplosion? Denkbar wäre es nun, daß der sich streckende Griffel die Verzahnung der Kuppe löst, wie es u. a. für Loranthaceen und *Bruguiera* angegeben wird. An meinem Material konnte ich jedoch keine Beobachtungen machen, welche eine solche Vermutung stützen könnten. Ich fand niemals Knospen, in denen der Griffel zwischen Fruchtknoten und Kuppe eingezwängt war; stets lag zwischen dieser und der Narbe ein kleiner Zwischenraum. Ein Strecken des Griffels erfolgt, aber erst nach dem Aufblühen. Ich kann daher nur sagen, daß sich die Korollblätter von selbst zurückbiegen müssen, wenn ihre Spannung die Festigkeit der Zellennähte übertrifft, oder wenn ein Anstoß von außen — also in der Natur durch die Blütenbesucher — die Blüte früher zum Öffnen bringt. Daß die bei dem Aufspringen der Blüten entstandene Erschütterung das Aufladen des Blütenstaubes auf den Besucher bewirkt, erscheint mir wahrscheinlich, beweisen kann es aber nur die direkte Beobachtung der lebenden Pflanze.

Leider wissen wir über die Blütenökologie von *Alangium* gar nichts Bestimmtes. *A. Handelii* besitzt nach den Beobachtungen von Handel-Mazzetti weiße Korollblätter und deutlichen Duft. Diese Eigenschaften, ferner die Größenverhältnisse und der Umstand, daß die Blüten keinen geeigneten Sitzplatz für sich niederlassende Bestäuber bieten, lassen vielleicht an Sphingiden denken.

Die Leitung des Pollenschlauches.

Wangerin[1] beschreibt die Narbe von *A. chinense* als »in lobos 2 vel rarius 3 latiusculos 1 *mm* metientes divisum«. Ich fand bei dieser Art und ebenso bei *A. Handelii* eine etwas andere Narbe, deren Bau durch die Fig. 10 bis 13 genügend klargestellt ist. Darnach ist die Narbe vierteilig und die einzelnen Abschnitte sind selbst wieder unregelmäßig gelappt. In Fig. 12 sehen wir einen Querschnitt ungefähr in der Höhe, wo die Narbe am breitesten ist, in Fig. 13 etwas unterhalb der Narbe. Der leitende Kanal ist da von zwei sich kreuzenden Spalten gebildet, die von einer Schichte inhaltsreicher, sich stark färbender Zellen ausgekleidet werden. Diese Schichte stimmt im Aussehen völlig mit der belegungsfähigen Schichte der Narbe überein. Nach unten zu verändert sich die Gestalt des Griffelkanals. In der halben Länge der Blüte hat er die in Fig. 2 dargestellte Querschnittsform. Es ist also die eine der diagonal gestellten Spalten eingezogen worden, bis auf eine kleine in der Mitte des Spaltes befindliche Erweiterung. Im Fruchtknoten (Fig. 1) teilt sich der Leitungskanal in zwei Kanäle, welche zu den beiden Fruchtknotenfächern führen. Der Leitungskanal ist ausgefüllt von einer wahrscheinlich gelatinösen Masse, welche meiner Ansicht nach durch einen Quellungsvorgang der äußersten Membranen der auskleidenden Schichte entsteht. Für diese Ansicht scheinen mir die bei aufmerksamer Betrachtung stets feststellbaren zarten, etwas verwischten Linien zu sprechen, die im Inhalt des Griffelkanales auftreten (Fig. 1).

---

[1] Wangerin, *Alangiaceae* in Pflanzenreich, IV, 220 *b*.

Der Bau der Samenanlage.

Den Fruchtknoten fand ich bei *A. Handelii* stets zweifächrig. Die beiden Fächer sind ungleich groß. Das größere enthält ein einziges, großes, anatropes, hängendes Ovulum, das kleinere fand ich stets völlig leer. Wangerin[1] hat nun in Übereinstimmung mit Baillon dem Ovulum zwei Integumente zugeschrieben und dies hat ihn wohl in erster Linie veranlaßt, die Gattung *Alangium* von den *Cornaceae* abzutrennen und als eigene Familie zwischen die *Rhizophoraceae* und *Combretaceae* zu stellen. Meine eigenen Beobachtungen konnten, obwohl mir nur wenig Material zu Gebote stand, die Unrichtigkeit der betreffenden Angaben Wangerin's feststellen.

Fig. 9 zeigt einen Querschnitt durch eine Samenanlage, die einer eben aufgeblühten Blüte entstammt. Die Gestalt des Ovulums ist annähernd als linsenförmig zu bezeichnen. Die eine, etwas flachere Seite ist der Scheidewand der beiden Fruchtknotenfächer zugewendet. Wir können nur ein einziges Integument feststellen. In der Mitte sehen wir einen von epithelial angeordneten Zellen ausgekleideten Hohlraum, der den Embryosack enthält. Im Querschnitt ist das kräftig entwickelte, Tracheiden führende Gefäßbündel zweimal getroffen. Die Erklärung hierfür bietet uns Fig. 7, welche einen in

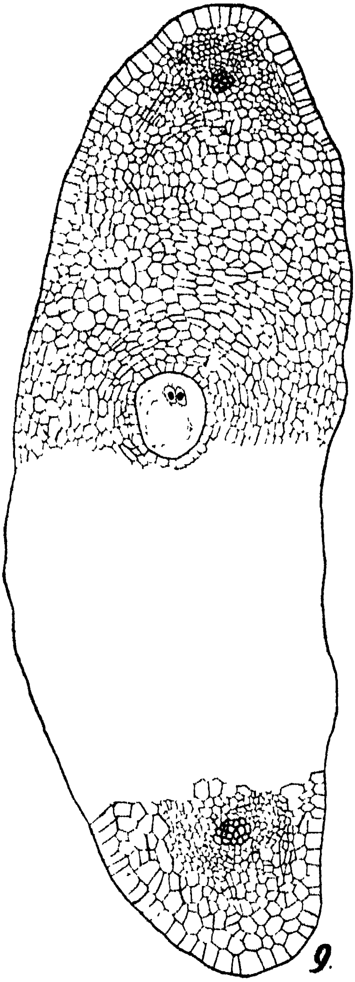


Fig. 9.
Querschnitt durch die Samenanlage; vom Embryosack sind die Polkerne getroffen.
(Vergrößerung 140-fach.)

---

[1] Wangerin, *Alangiaceae* in Pflanzenreich IV, 220 *b*; Die Umgrenzung und Gliederung der Familie der *Cornaceae* (Englers bot. Jahrb., *38*, Beiblatt Nr. 86, 1906).

der Richtung des größten Durchmessers geführten Längsschnitt zeigt. Wir sehen da, daß das Leitbündel nicht in der Chalazagegend endigt, sondern in weitem Bogen den Embryosack umkreist und in der Nähe der Mikrophyle mit einer kleinen Anschwellung aufhört. Diese Besonderheit des Gefäßbündels ist meines Wissens nur selten innerhalb der Angiospermen beobachtet, so bei *Menyanthes*[1] und bei *Fraxinus*[2]; sie kommt ferner bei *Sonchus oleraceans* und einigen anderen Kompositen vor[3].

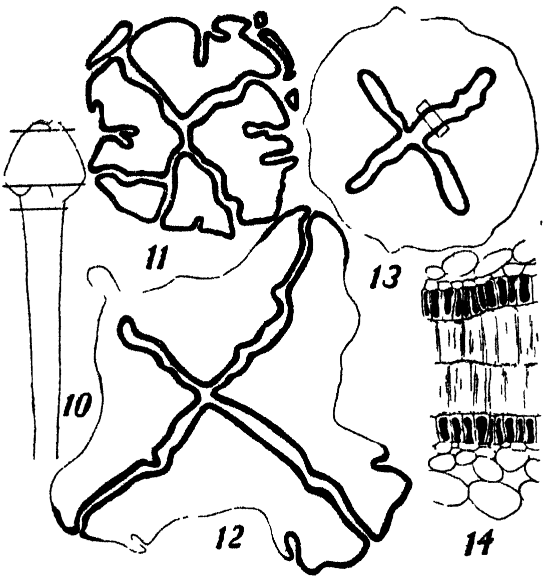


Fig. 10 bis 14.

10. Seitenansicht der Narbe und des oberen Teiles des Griffels. **11.**, **12.** und **13.** Querschnitte in der in der vorhergehenden Figur durch wagrechte Linien gezeichneten Höhe. **14.** Die durch das Rechteck in der Fig. 13 bezeichnete Partie stärker vergrößert.

(Vergrößerung 10 8-fach, 11 bis 13 36-fach, 14 140-fach.)

In dem mir zur Verfügung stehenden Materiale grenzte der Embryosack direkt an das Integument. Vom Nucellus ist der obere Teil gänzlich aufgezehrt. Dennoch kann auf eine crassinucellate Samenanlage geschlossen werden. Fig. 8 zeigt einen Längsschnitt durch einen Embryosack bei stärkerer Vergrößerung. Das antipodiale Ende desselben steckt in dem Nucellusrest. Dieser besteht aus einem zellenreichen Gewebe, welches deutlich erkennen läßt, daß der Embryosack in einem großen vielzelligen Nucellus angelegt wurde. Von den seitlichen und oberen Partien desselben sind nur mehr zarte Häutchen zu sehen.

---

[1] Billings, Beiträge zur Kenntnis der Samenentwicklung (Flora *88*, 1901, p. 206). Stolt, Zur Embryologie der Menyanthaceen und Gentianeeen (K. Svenska Vetenskapsakad. Handl., *61*, 1921, Nr. 14).

[2] Billings, l. c., p. 301.

[3] Lavialle, Recherches sur le développement de l'ovaire en fruit chez les Composées (Ann. Sc. Nat. Bot., IX, 15, 1912, 39 bis 141).

An dem dargestellten Embryosacke sehen wir genug, um ihn als normal bezeichnen zu können. Vom Eiapparat ist die Eizelle deutlich zu sehen, während die Synergiden nur als ein dunkler, nicht weiter auflösbarer Klumpen zu finden sind. Etwas unterhalb des Eiapparates liegt der sekundäre Embryosackkern, während in dem abgebildeten Querschnitt (Fig. 9) die beiden Polkerne noch unverschmolzen nebeneinander liegen. Die Antipoden sind klein und treten in der Dreizahl auf.

Die innerste Schichte des Integumentes ist als Mantelschichte ausgebildet.

Andere embryologische Angaben kann ich leider dem zur Verfügung stehenden Materiale nicht entnehmen. Immerhin genügen sie, um einen Beitrag zur Lösung der Frage nach der systematischen Stellung zu liefern.

Samenanlagen mit einem Integument sind innerhalb der Dialypetalen überhaupt selten. Es gibt überhaupt nur einen größeren Formenkreis unter ihnen, der durch die Einzahl des Integumentes ausgezeichnet ist, nämlich die Umbellifloren. Das ist aber diejenige Reihe, in welche verschiedene Autoren wie Rob. Brown, Bentham, Hooker, Harms, Hallier[1] die Gattung *Alangium* gestellt haben. Die Ähnlichkeit des Ovulums dieser Gattung mit dem der Umbellifloren sollen folgende, allerdings nur spärlich in der Literatur vorkommenden Angaben beleuchten.

Für die *Cornaceae* ist die Einzahl des Integumentes notorisch. Bezüglich des Nucellus von *Benthamia fragifera* gibt Jönsson[2] an: »Nucellus är föga bred och består af trenne cellrader utom epidermis.« Morse[3] beobachtete bei *Cornus florida* ein crassinucellates Ovulum und im übrigen ein ganz normales Verhalten; nur sollen zwischen den Tetradenkernen keine Wände gebildet werden.

Etwas umfassender sind die Angaben über die *Araliaceae*. Jönsson[2] fand bei *Hedera Helix* Übereinstimmung mit den Sympetalen, so ein Integument, einen kleinen Nucellus, der aber doch neben den Tetradenzellen noch andere Zellen innerhalb der Epidermis enthält; Deckzellen werden nicht gebildet: der obere Teil des Nucellus wird zerstört, so daß der fertige Embryosack unmittelbar von der Mantelschichte des Integumentes umhüllt wird, mit Ausnahme des unteren, im Nucellusrest steckenden Teiles. Übereinstimmende Verhältnisse fand Ducamp[1], der Arten mehrerer Gattungen untersucht hat. Bezüglich des Nucellus gewinnt man den Eindruck, daß es neben Formen mit großen solche gibt, die einen sich mehr oder weniger dem kleinen Nucellus der Sympetalen nähernden Nucellus haben. Der obere Teil des fertigen Embryosackes grenzt stets an das Integument, dessen innere Epidermis »se différencie en assise digestive dont les cellules sont cutinisées à la surface«.

---

[1] Vergleiche die in den zitierten Arbeiten Wangerin's angegebene Literatur.

[2] B. Jönsson, Om embryosäckens utveckling pos Angiospermerna (Acta Univ. Lund., *16*, 1879/80).

[3] W. C. Morse, Contribution to the life history of *Cornus florida* (Ohio Naturalist VIII, 1907, 197 bis 204).

Über die Samenanlagen der *Umbelliferae* sind mir nur die bei Coulter und Chamberlain[2] sich zerstreut findenden Angaben bekannt, die sich in erster Linie auf *Sium* beziehen. Nach diesen ist nur ein Integument vorhanden; bei *Sium* treten keine Deckzellen auf, woraus wohl auf einen ziemlich kleinen Nucellus zu schließen ist; der Embryosack und die Synergiden sind schnabelartig ausgezogen; bei *Sium cicutaefolium* teilt sich die Embryosackmutterzelle nicht in Zellen (vgl. die ähnliche Angabe für *Cornus florida*); der Embryosack wird von der Mantelschichte des Integumentes umhüllt; die Antipoden sind ephemer; der Embryo hat einen langen Suspensor.

Ich glaube, daß trotz der Lückenhaftigkeit des vorliegenden Materiales eine deutliche Übereinstimmung von *Alangium* mit den Umbellifloren ganz unverkennbar ist. Gemeinsam ist ihnen das Vorkommen eines Integumentes, dessen innerste Lage als Mantelschichte ausgebildet ist, und ein Nucellus, der die Tendenz zeigt, in größerem oder geringerem Grade zu verkümmern. Diese Tendenz kommt bei allen ontogenetisch insofern zum Ausdruck, als der Nucellus größtenteils schon aufgelöst ist, wenn der Embryosack fertig ausgebildet ist und phylogenetisch darin, daß es Formenreihen gibt, bei denen er kleiner angelegt wird. Diese nach meiner Ansicht mehr abgeleiteten Formen finden sich bei den Araliaceen und Umbelliferen.

Ich möchte in diesem Zusammenhange auch auf die Gattung *Davidia* hinweisen, über deren Morphologie und Samenentwicklung Horne[3] genauere Angaben veröffentlicht hat Er fand bei *Davidia involucrata* ein Integument, einen vergänglichen Nucellus, oft ein mehrzelliges Archespor und einen normalen Embryosack. Dieser Autor hat auch zweifellos den Bau des Ovulums von *Alangium* gesehen und zwar richtig gesehen, wenn er auch keine Angaben darüber macht. Denn er schreibt: »The ovule of *Davidia* is similar to that found in *Nyssa* and *Alangium* and in the *Araliaceae* — a natural order characterized by the possession of the ‚ventral‘ ovule — while it differs very considerably from that of the *Cornoideae*«.

---

[1] L. Ducamp, Recherches sur l'embryogénie des Araliacées (Ann. Sc. Nat. Bot. VIII, 15, 1902, 311 bis 402).

[2] Coulter and Chamberlain, Morphology of Angiosperms (New York a. London 1903).

[3] A. S. Horne, The structure and affinities of *Davidia involucrata* Baill. (Transact. Linn. Soc., London, II. Ser., 7. Bot., 1904 bis 13, 303 bis 326.)

Aus dieser vergleichenden Betrachtung ergibt sich, daß die Auffassung von Rob. Brown und Harms, welche *Alangium* auf Grund des Diagrammes zu den Cornaceen stellten, jedenfalls nicht so unberechtigt ist, als Wangerin glauben machen will. Dieser stützt seine Ansicht vor allem auf zwei Merkmale: *Alangium* habe zwei Integumente und Löcherpollen, die Cornaceen eines und Faltenpollen. Das erste Unterscheidungsmerkmal trifft, wie wir gesehen haben, durchaus nicht zu, das zweite scheint, soweit ich mich überzeugt habe, richtig zu sein. Nach meiner Ansicht gehört *Alangium* wenn schon nicht zu den Cornaceen, so doch als selbständige Familie zu den Umbellifloren.

Gedruckt auf Kosten des Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Ergebnisse der Expedition Dr. Handel-Mazzetti's nach China 1914—1918, unternommen auf Kosten der Akademie der Wissenschaften in Wien

Musci novi sinenses,

collecti a D^{re} Henr. Handel-Mazzetti,

I.

Descripsit V. F. Brotherus

(Vorgelegt in der Sitzung am 13. Juli 1922)

Dicranum perfalcatum Broth. n. sp.

Dioicum; caespitosum, caespitibus densis, lutescenti-fuscescentibus, nitidiusculis. Caulis ad 4 *cm* altus, adscendens, parce radiculosus, simplex vel dichotome ramosus. Folia sicca subcircinato-falcata, profunde canaliculato-concava, e basi late oblonga subsensim lanceolato-subulata, dorso scabra, c. 6·6 *mm* longa, marginibus subconniventibus, superne serrulatis, rarius subintegris; nervo breviter excendente; cellulis superioribus valde irregularibus, triangularibus, rhombeis et subquadratis, inferioribus linearibus, inter se valde porosis, basilaribus internis laxis, teneris, hyalinis, alaribus numerosis breviter rectangularibus et hexagonis, fuscis. Cetera ignota.

Prov. Setschwan austro-occid.: In montis Lose-schan ad merid. urbis Ninyüen regione frigide temperata et alpina in graminosis, alt. s. m. ca. 3900—4250 *m*. (Handel-Mazzetti, Iter Sinense 1914—1918, Nr. 1413.)

Species distinctissima, cum nulla alia commutanda.

Molendoa yünnanensis Broth. n. sp.

Gracilis, caespitosa, caespitibus densis, mollibus, glaucoviridibus, intus ochraceis. Caulis erectus, vix ultra 1 *cm* altus, parce radiculosus, dense foliosus, simplex vel furcatus. Folia sicca incurva, humida erecto-patentia, anguste linearia, breviter acuminata, c. 2 *mm* longa et ad 0·25 *mm* lata, marginibus erectis, integerrimis; nervo crassiusculo, continuo, laevi; cellulis minutissimis, quadratis, minute papillosis, basilaribus breviter rectangularibus, teneris, hyalinis, laevissimis. Cetera ignota.

Prov. Yünnan: In faucium fluvii Djinscha-djiang (»Yangtsekiang«) ad viam directam inter Yünnanfu et Huili regione subtropica, ad rupes siccas calceas supra deversorium Lagatschang; ca. 1100 *m* (Nr. 756).

Species *M. Sendtnerianae* (Bryol. eur.) Limpr. valde affinis, sed foliis anguste linearibus, nervo minus valido dignoscenda.

Trichostomum obtusifolium Broth. n. sp.

Dioicum; gracile, caespitosum, caespitibus densis, viridibus, opacis. Caulis vix ultra 5 *mm* altus, basi radiculosus, dense foliosus, simplex vel furcatus. Folia sicca incurva, humida patentia, canaliculato-concava, linearia, obtusissima, ad 2 *mm* longa et ad 0·35 *mm* lata, marginibus erectis, integerrimis; nervo valido, infra summum apicem folii evanido, dorso laevi; cellulis subrotundis, c. 0·010 *mm*, minutissime papillosis, basilaribus rectangularibus, hyalinis. Bracteae perichaetii e basi alte vaginante sensim acuminatae. Seta c. 1 *cm* alta, superne lutescens. Theca erecta, anguste cylindrica, c. 1·5 *mm* longa, fusca. Cetera ignota.

Prov. Hunan: Prope urbem Tschangscha in muris ad pedem montis Yolu-schan; ca. 100 *m* (Nr. 11.435).

Species foliis obtusissimis a congeneribus diversa.

Trichostomum involutum Broth. n. sp.

Robustum, caespitosum, caespitibus densis, fusco-viridibus, intus fuscis. Caulis erectus 1—1·5 *cm* altus, fusco-radiculosus, simplex vel furcatus. Folia sicca flexuosa circinato-incurva, humida patentia, fragilia, e basi brevi, latiore sensim lineari-lanceolata, aristata, ad 5 *mm* longa, marginibus superne fortiter involutis; nervo valido, in aristam brevem excedente, laevi; cellulis minutissime papillosis, basilaribus breviter rectangularibus vel hexagonis, hyalinis, teneris, ad marginem vix ultra basin adscendentibus. Cetera ignota.

Prov. Guidschou (»Kweitschou«): Prope oppidum Liping ad rupes marneas; ca. 500 *m* (Nr. 10.994).

Species *T. angustato* (Mitt.) Broth. affinis, sed foliis marginibus superne fortiter involutis raptim dignoscenda.

Timmiella leptocarpa Broth. n. sp.

Dioica; caespitosa, caespitibus densis, sordide viridibus. Caulis ad 1 *cm* altus, simplex vel furcatus. Folia sicca circinato-incurva, humida erecto-patentia, supra basin brevem paulum angustata, dein ligulata, breviter lanceolato-acuminata, ad 3 *mm* longa et ad 0·5 *mm* lata, superne serrulata; nervo valido, continuo vel infra summum apicem folii evanido; cellulis laminalibus bistratosis, ventralibus magnis, mamillaeformibus, hyalinis, dorsalibus minutissimis, chlorophyllosis, laevibus, basilaribus elongate rectangularibus, teneris, hyalinis. Seta c. 2 *cm* alta, tenuis, rubra. Theca anguste cylindrica, leniter curvata. Cetera ignota.

Prov. Kweitschou: Inter rupes ad ripam fluminis inter pagum Badschai et vicum Mautsauping; ca. 600 *m* (Nr. 10.775).

Species *T. Barbulae* (Schwaegr.) Limpr. proxima, sed foliis supra basin minus angustatis, brevioribus et angustioribus nec non theca angustiore dignoscenda.

Leptodontium setschwanicum Broth. n. sp.

Gracilescens, caespitosum, caespitibus laxiusculis, fuscis. Caulis erectus, ad 9 *cm* altus, inferne denudatus, parce radiculosus, dense foliosus, simplex. Folia sicca crispula, humida recurva, ovato-lanceolata, acuta, c. 2·5 *mm* longa, marginibus inferne recurvis, superne argute et inaequaliter serratis; nervo continuo, dorso papilloso; cellulis minutissimis, rotundatis, incrassatis, minutissime papillosis, intimis breviter linearibus, aureis, laevibus. Cetera ignota.

Prov. Setschwan: In altiplanitiei ad meridiem urbis Huili regione calide temperata ad saxa humida convallium montis Luidaschu; alt. s. m. ca. 2100 *m* (Nr. 809). - In montis Lose-schan ad merid. urbis Ningyüen regione frigide temperata ad rupes putridas; ca. 4000 *m* (Nr. 1404).

Species distinctissima, colore fusco oculo nudo jam dignoscenda.

Hyophila aristatula Broth. n. sp.

Dioica; gracilescens, caespitosa, caespitibus densis, sordide viridibus, intus nigrescentibus. Caulis ad 3 *cm* altus, erectus, parce radiculosus Folia sicca incurvo-crispula, humida patentia, carinato-concava, e basi ovali ligulata, obtusiuscula, aristatula, c. 2 *mm* longa, supra basin c. 0·4 *mm* lata, integra; nervo valido, in aristam brevem excedente, laevi; cellulis minutissimis, minutissime papillosis, basilaribus rectangularibus, lutescentibus, laevissimis. Bracteae perichaetii e basi alte vaginante sensim attenuatae. Cetera ignota.

Prov. Hunan: Prope urbem Tschangscha ad terram udam inter gramina inter viam militarem et fluvium; ca. 70 *m* (Nr. 11.603.)

Species foliis aristatulis bracteisque perichaetii e basi alte vaginante sensim attenuatis dignoscenda.

Brachysteleum evanidinerve Broth. n. sp.

Autoicum; robustiusculum, sordide viride, inferne nigrescens. Caulis ad 2 *cm* altus, erectus vel adscendens, dichotome ramosus. Folia sicca crispatula, humida erecto-patentia, e basi breviter oblonga sensim late lanceolata, obtusa, c. 4 *mm* longa, marginibus erectis, superne bistratosis et serratis; nervo crasso, infra apicem folii evanido; cellulis minutissimis, rotundato-quadratis, laevissimis, basilaribus anguste linearibus, infimis laxioribus, alaribus quadratis vel hexagonis. Seta c. 5 *mm* alta, tenuis, rubra. Theca deoperculata crasse ovalis.

Prov. Hunan: Prope urbem Tschangscha ad rupes irrigatas in faucibus montis Yolu-schan retro scholam; ca. 100 *m* (Nr. 12.783.)

Species foliis obtusis, nervo infra apicem folii evanido dignoscenda.

Macromitrium (Leiostoma) Handelii Broth. n. sp.

Gracilescens, caespitosum, caespitibus laxis, lutescenti-viridibus, intus fuscescentibus, opacis. Caulis elongatus, repens, tomentosus, dense ramosus, ramis erectis, vix ad 1 *cm* longis, plerumque brevissimis. Folia ramea sicca circinato-incurva, humida patentia, anguste lineari-lanceolata, obtusa, c. 2 *mm* longa, marginibus erectis vel uno latere inferne anguste recurvis; nervo rufescente, infra summum apicem folii evanido; cellulis rotundatis, 0·007—0·009 *mm*, haud incrassatis, basilaribus incrassatis, lumine lineari, alte papillosis. Bracteae perichaetii internae sensim subulatae, integrae, cellulis superioribus oblongis. Seta c. 5 *mm* alta, lutescens. Theca oblongo-elliptica, c 1·5 *mm* longa, laevis, fuscidula. Peristomium simplex, dentibus brevibus, papillosis, obtusis Cetera ignota.

Prov. Yunnan Prope vicum Joschuitang ad septentr. urbis Yunnanfu, 25° 26′ lat, in regione calide temperata, ad arbores frondosas, ca. 1800 *m* (Nr 450). Prov. Hunan austro-occid.: In monte Yun-schan prope urbem Wukang, in silva elata frondosa umbrosa ad lignum putridum; ca 1150 *m* (Nr 12 192).

Species cum *M. japonico* Doz. et Molk et affinibus comparanda, sed foliis basi papillosis jam diversa

Macromitrium (Leiostoma) quercicola Broth. n. sp.

Robustiusculum, caespitosum, caespitibus fuscescentibus, opacis, Caulis elongatus, repens, tomentosus, dense ramosus, ramis erectis, ad 1·5 *cm* longis. Folia ramea sicca crispatula, humida patula, lineari-lanceolata, acuta, c. 3 *mm* longa, marginibus erectis vel uno latere inferne anguste recurvis, integris, nervo rufescente, continuo; cellulis rotundatis 0·007—0 009 *mm*, haud incrassatis, papilla media instructis basilaribus ovalibus, haud incrassatis, papilla media alta instructis. Bracteae perichaetii sensim subulatae, integrae, cellulis superioribus oblongis. Seta c. 1 *cm* alta, rubra. Theca oblongo-cylindrica, c. 2·5 *mm* longa, laevis, fusca. Peristomium simplex, dentibus brevibus, papillosis, obtusis. Cetera ignota.

Prov. Yünnan: Prope vicos Hsinlung 23° 54′ (Nr. 508), ca. 2000 *m* et Sanyingpan 26° lat., ca. 2400 *m* (Nr. 600), ad septentr. urbis Yünnanfu, in regione calide temperata, ad truncos Quercuum.

Inter species theca oblongo-cylindrica praeditas foliis scaberrimis notabilis.

Pohlia subflexuosa Broth. n. sp.

Species *P. flexuosae* Hook. affinis, sed theca horizontali vel subnutante, e collo sporangii longitudinis gibboso-ovali, sicca sub ore contracta necnon operculo alte conico dignoscenda.

Prov. Hunan; Ad vicum Ngandjiapu prope minas Hsikwangschan distr. Hsinhwa ad terram silvae; ca. 700 *m* (Nr. 11.947).

Brachymenium (Dicranobryum) muricola Broth. n. sp.

Dioicum; tenellum, caespitosum, caespitibus densiusculis, dilabentibus, pallide viridibus, opacis. Caulis sterilis ad 5 *mm* altus, fertilis humillimus, fusco-radiculosus, innovationibus brevibus, comoso-foliosis. Folia sicca erecta, humida erecto-patentia, concava, ovata, ± longe acuminata, marginibus erectis; nervo continuo vel breviter excedente; cellulis rhomboideis vel subhexagonis, marginalibus angustioribus, basilaribus breviter rectangularibus. Seta c. 1 *cm* alta, tenuis, rubra. Theca erecta, e collo sporogonii longitudinis ovalis, c. 2 *mm* longa, microstoma, sicca sub ore haud contracta, fusca. Operculum minutum, breviter conicum vel subcupulatum.

Prov. Setschwan: In montium Dahang-schan (territorii Lolo) ad orientem urbis Ningyüen regione temperata, in muris ad vicum Alami; ca. 2900 *m* (Nr. 1467).

Species *B. exili* (Doz. et Molk.) Bryol. jav. affinis, sed folii nervo continuo vel breviter excedente dignoscenda.

Bryum (Areodictyon) setschwanicum Broth. n. sp.

Dioicum; gracile, caespitosum, caespitibus mollibus, densis, faciliter dilabentibus, pallide viridibus, intus fuscescentibus, opacis. Caulis erectus, ad 2 *cm* altus, parce radiculosus, dense foliosus, simplex. Folia omnia subaequalia, sicca imbricata, humida suberecta, cochleariformi-concava, breviter decurrentia, suborbicularia, rotundato-obtusa, c. 0·75 *mm* longa elimbata, marginibus erectis, integris; nervo tenui, rubro, infra summum apicem folii evanido; cellulis laxis, teneris, ovali-hexagonis, marginalibus angustioribus. Cetera ignota.

Prov. Setschwan: Juxta urbem Ningyüen secus rivos regionis subtropicae ad terram nudam; ca. 1630 *m* (Nr. 1295).

Species foliis profunde cochleariformi-concavis, suborbicularibus oculo nudo jam dignoscenda.

Mnium (Serrata) luteolimbatum Broth. n. sp.

Dioicum; robustum, rigidum, viride. Caulis erectus, c. 2 *cm* altus, inferne fusco-tomentosus, superne dense foliosus, ramis stoloniformibus elongatis, repentibus, ± fusco-tomentosis, remote foliosis. Folia caulina sicca contracta, faciliter emollita, humida patula, e basi breviter spathulata oblonga, rotundato-obtusa, emarginata, apiculo brevi, obtuso terminata, ad 1 *cm* longa et c. 0·4 *mm* lata, e medio minute et dense serrulata; nervo basi valido, superne sensim angustiore, in apiculo evanido; cellulis laminalibus in seriebus obliquis dispositis, ovali-hexagonis, mediis internis c. 0·50 *mm* longis, externis et superioribus minoribus, marginalibus linearibus, limbum 3 seriatum, luteum efformantibus. Folia stolonum ovalia, integra. Cetera ignota.

Prov. Hunan: Prope urbem Tschangscha in stillicidiis saltus supra scolam montis Yolu-schan; ca. 100 *m* (Nr. 11.488).

Species *M. Nakanishikii* Broth. affinis, sed foliorum forma necnon limbo triseriato, distincto diversa.

Catharinaea yünnanensis Broth. n. sp.

Paroica; *C. undulatae* (L.) Web. et Mohr affinis, sed foliis ligulatis, breviter acuminatis, obtusis, superne tantum serratis, dentibus brevioribus diversa.

Prov. Yünnan: Prope vicum Sanyingpan ad septentr. urbis Yünnanfu, 26° lat., in regione calide temperata inter Bidsei et Domo, ad terram arenaceam denudatam; ca. 2400 *m* (Nr. 691).

Braunia obtusicuspes Broth. n. sp.

Gracilescens, fusca. Caulis ad 2 *cm* altus, irregulariter ± ramosus. Folia sicca imbricata, humida patentia, concava, indistincte plicata, oblongo-ovata, raptim in acumen breve, obtusum, subcucullatum contracta, c. 1·5 *mm* longa et c. 1 *mm* lata, marginibus planis vel basi anguste recurvis, integerrimis; cellulis minutis, quadratis vel breviter rectangularibus, papilla media instructis, basilaribus internis linearibus, seriatim papillosis. Cetera ignota.

Prov. Setschwan: In altiplanitiei ad meridiem urbis Huili regione calide temperata, ad rupes siccissimas juxta vicum Schuidjingngo prope Dungngan; c. 1850 *m* (Nr. 788).

Species *B. indicae* (Mont.) Par. affinis, sed foliis in acumen breve, obtusum, subcucullatum raptim contractis dignoscenda.

Trachypus rhacomitrioides Broth. n. sp.

Dioicus; gracilis, caespitosus, caespitibus densis, sordide lutescenti-viridibus, intus fuscescentibus. Caulis secundarius ad 4 *cm* altus, adscendens, dense ramosus, ramis brevibus, erecto-patentibus. Folia caulina fragilia, sicca imbricata, humida erecto-patentia, e basi lata, plicata ± raptim lanceolata, acumine breviter subpiliformi, c. 1·7 *mm* longa integra; nervo c. $^2/_3$ folii longitudinis; cellulis valde papillosis, obscuris, basilaribus internis pellucidis. Folia ramea minora, brevius acuminata. Cetera ignota.

Prov. Hunan: Ad minas Hsikwangschan prope urbem Hsinhwa ad rupes trans jugum Duschu-ling; ca. 650 *m* (Nr. 11.940).

Species habitu *Rhacomitrio microcarpo* (Schrad.) sat similis.

Neckera (Euneckera) setschwanica Broth. n. sp.

Dioica; lutescenti-viridis, nitidiuscula. Caules secundarii ad 7 *cm* longi, dense et complanate foliosi, cum foliis c. 3 *mm* lati, pinnatim ramosi, ramis patentibus, plerumque vix ultra 1 *cm* longis, attenuatis, hic illic ramulis flagelliformibus ± numerosis. Folia octofaria; undulata, lateralia erecto-patentia, concava, asymmetrica, e basi oblonga vel ovato-oblonga lanceolata, breviter acuminata, ad 2·5 *mm* longa, apice minutissime serrulata; nervo tenui, ultra medium folii evanido; cellulis linearibus, superioribus anguste rhombeis, basilaribus laxioribus, inter se porosis, alaribus paucis, ovalibus. Cetera ignota.

Prov. Setschwan: In montium Daliang-schan (territorii Lolo) ad orientem urbis Ningyüen regione temperata, in silva elata mixta tergi Soso-liangdse ad rupes; alt. s. m. 2600--2800 *m* (Nr. 1695).

Species *N. Konoi* Broth. valde affinis, sed foliorum forma diversa.

Neckera (Euneckera) decurrens Broth, n. sp.

Dioica; gracilescens, sordide viridis, nitidiuscula. Caules secundarii ad 7 *cm* alti, dense et complanate foliosi, cum foliis c. 2·5 *mm* lati, pinnatim ramosi, ramis patentibus, vix ultra 1 *cm* longis, obtusis. Folia undulata, lateralia erecto-patentia, concava, longe decurrentia, late ovato-oblonga, raptim in acumen breve attenuata, ad 1·7 *mm* longa, integra vel apice minutissime serrulata; breviter binervia; cellulis rhombeis, basin versus sensim longioribus, in parte decurrente quadratis, obscuris. Bracteae perichaetii convolutae, in acumen lanceolato-subulatum attenuatae. Theca immersa. Cetera ignota.

Prov. Hunan: Prope urbem Tschangscha in monte Yolu-schan ad corticem viv. *Liquidambaris Formosanae*; ca. 150 *m* (Nr. 11.449).

Species distinctissima, foliis longe decurrentibus, late ovato-oblongis, raptim in acumen breve attenuatis dignoscenda.

Var. rupicola Broth. n. var.

Folia ad 2 *mm* longa, sensim in acumen longius acuminata; nervis binis vel nervo simplici, tenui, brevi instructa. Sterilis.

Prov. Hunan: Ad minas Hsikwangschan prope urbem Hsinhwa ad rupes calceas; ca. 550—650 *m* (Nr. 11.937). Prov. Kweitschou: Inter oppida Duyün et Badschai prope vicum Dodjie, ad rupes calceas; ca. 700 *m* (Nr. 10.736).

Homaliodendron papillosum Broth. n. sp.

Robustum, viride, nitidiusculum. Caules secundarii ad 16 *cm* longi, inferne simplices, dein ± regulariter pinnatim ramosi, ramis vix ultra 1 *cm* longis, plerumque simplicibus, singulis dense pinnatim ramulosis. Folia caulina ovato-oblonga, obtusa, apiculo acuto terminata, c. 2·5 *mm* longa et c. 1·1 *mm* lata, summo apice dentibus paucis instructa; nervo longe infra apicem folii evanido; cellulis subrotundis et ellipticis, papilla minuta media instructis, dein sensim longioribus, basilaribus linearibus, laevissimis. Cetera ignota.

Prov. Hunan austro-occid.: In monte Yün-schan prope urbem Wukang, in silva elata frondosa umbrosa ad rupes humidas; ca. 1150 *m* (Nr. 12.219).

Species a congeneribus cellulis superioribus papilla media instructis diversa, ab *H. Montagneano* (C. Müll.) Fleisch affini praeterea nervo validiore, longiore cellulisque minoribus dignoscenda.

Penzigiella (?) robusta Broth. n. sp.

Robusta, rigida, pallide viridis, nitidiuscula. Caules secundarii ad 14 *cm* alti, inferne simplices, dein pinnatim ramosi, ramis patulis, vix ultra 2 *mm* longis, arcuatulis, attenuatis, pinnatim ramulosis, innovationibus singulis elongatis, remote pinnatim ramosis, ramis simplicibus. Folia concava, late cordata, infima minuta, adpressa, obtusa, cetera sensim majora, horride patula, superiora raptim in acumen breve, semitortum attenuata, ad 2 *mm* longa et paulum ultra 2 *mm* lata, marginibus erectis, superne serrulatis; nervo longe infra apicem folii evanido; cellulis anguste linearibus, basilaribus laxioribus, alaribus haud diversis. Cetera ignota.

Prov. Hunan: Loco praecedentis, ad terram, ca. 1200—1300 *m* (Nr. 11.178).

Species *P. cordatae* (Harv., Hook.) Fleisch. foliorum forma similis, ceteris notis autem diversissima. Forsan typus novi generis.

Thamnium laevinerve Broth. n. sp.

Species *Thamnio Sandei* Besch. et *Th. Biondii* C. Müll. habitu persimilis, sed foliis latioribus, minutius serratis, nervo dorso laevi cellulisque minoribus dignoscenda.

Prov. Hunan: Loco praecedentis, ad arbores, 900—1150 *m* (Nr. 11.129). Prope urbem Tschangscha ad rupes in silva montis Yolu-schan; ca. 150 *m* (Nr. 11.514). Prov. Kweitschou orient.: Prope oppidum Liping in silva mixta montis Nandjing-schan, ad terram (Nr. 10.978).

Entodon obtusatus Broth. n. sp.

Autoicus; gracilis, caespitosus, caespitibus depressis, laete viridibus, nitidis. Caulis elongatus, repens, hic illic radiculosus, valde complanatus, cum foliis c. 2 *mm* latus, ± regulariter pinnatim ramosus, ramis patulis, c. 1 *cm* longis valde complanatis, attenuatulis. Folia patentia, e basi angusta oblonga seu ovato-oblonga, obtusa, c. 1·5 *mm* longa, superne serrulata; enervia; cellulis anguste linearibus, alaribus sat numerosis, quadratis. Bracteae perichaetii internae erectae, lanceolato-acuminatae, summo apice denticulatae. Seta c. 1 *cm* alta, tenuissima, lutea. Cetera ignota.

Prov. Hunan Prope Wukang, loco praecedentis ad rupes; ca. 900—1150 *m* (Nr. 11.123).

Species foliis obtusis, superne serrulatis dignoscenda.

Entodon cochleatus Broth. n. sp.

Autoicus; robustus, caespitosus, caespitibus densis, mollibus, pallide viridibus, nitidiusculis. Caulis elongatus, repens, fusco-radiculosus, dense ramosus, ramis erectis, ad 3 *cm* longis, dense foliosis, complanatulis, attenuatulis, simplicibus vel parce ramulosis. Folia ramea sicca laxe imbricata, humida patentia, cochleariformi-concava, e basi brevi, coarctata oblonga, obtusa vel angulo obtuso terminata, ad 1·9 *mm* longa, apice minutissime serrulata, brevissime binervia; cellulis anguste linearibus, alaribus numerosis, quadratis. Cetera ignota.

Prov. Kweitschou: Inter oppida Guiding (»Kweiting«) et Duyün, in silvis umbrosis faucium prope vicum Madjiadwen ad lapides saepe irrigatos; ca. 1100 *m* (Nr. 10.633).

Species *E. Okamurae* Broth. valde affinis, sed robustior, densissime ramosus, ramis erectis, elongatis.

Distichophyllum stillicidiorum Broth. n. sp.

Dioicum; gracilescens, caespitosum, caespitibus densis, mollissimis, laete viridibus, opacis. Caulis ad 2 *cm* longus, basi radiculosus, complanate foliosus, simplex vel vage ramosus. Folia lateralia e basi brevissime spathulata oblonga vel obovato-oblonga, rotundato-obtusa, apiculata, ad 2·5 *mm* longa et ad 1·1 *mm* lata, integerrima, limbata; nervo tenui longe infra apicem folii evanido; cellulis rotundato-hexagonis, ca. 0·015 *mm*, marginem versus vix minoribus, basin versus sensim majoribus, basilaribus oblongo-hexagonis, marginalibus linearibus, limbum biseriatum superne uniseriatum, hyalinum efformantibus. Seta ca. 1·5 *cm* alta, tenuissima, rubra, laevissima. Theca erecta, minutissima. Cetera ignota.

Prov. Hunan: Prope urbem Tschangscha in stillicidiis saltus supra scolam montis Yolu-schan; ca. 100 *m* (Nr. 11.489).

Species foliis angustissime limbatis dignoscenda.

Fauriella tenerrima Broth. n. sp.

Species *F. tenui* (Mitt.) Card. valde affinis, sed tenerrima, caule laxius folioso, foliis papillis altioribus instructis. Sterilis.

Prov. Hunan: In monte Yün-schan prope urbem Wukang, in silva elata frondosa umbrosa ad ligna putrida; ca. 1150 *m* (Nr. 12.199).

Duthiella rigida Broth n. sp.

Robustiuscula, rigida, ferruginea. Caulis secundarius inferne simplex, dein ramosus, ramis elongatis, complanatulis, ± pinnatim ramulosis, ramulis patentibus, curvatulis, subattenuatis. Folia caulina patentia, late ovato-lanceolata, breviter acuminata, ad 2·3 *mm* longa et 0·9 *mm* lata, marginibus erectis, ubique serrulatis; nervo lutescente, infra apicem folii evanido; cellulis anguste angulato-ellipticis, papillosis, obscuris, marginalibus laevibus, hyalinis, basilaribus laxioribus, alaribus ovali-hexagonis. Cetera ignota.

Prov. Yünnan: Prope vicum Hsinlung trans flumen Pudu-ho ad septentr. urbis Yünnanfu 25° 34′ lat., in regionis calidc temperatae saltuum rupibus arenaceis humidis umbratis; ca. 2000 *m* (Nr. 518).

Species *D. Wallichii* (Hook.) C. Müll. affinis, sed foliis late ovato-lanceolatis, breviter acuminatis, serrulatis nec argute serratis optime diversa.

Sciaromium (Limbidium) sinense Broth. n. sp.

Robustiusculum, caespitosum, caespitibus fluctuantibus, sordide fuscescentibus. Caulis ad 11 *cm* longus, ramosus, ramis elongatis, simplicibus vel ± ramulosis. Folia homomalla, ovato- vel oblongo-lanceolata, acumine angusto breviter acuminata, ad 2·3 *mm* longa et c. 0·75 *mm* lata, limbata, apice serrulata; nervo crasso, rufescente, breviter excedente; cellulis elongatis, leptodermibus, alaribus numerosis, laxe hexagonis, in ventrem valde excavatum dispositis, marginalibus linearibus, valde incrassatis, limbum rufescentem, pluriseriatum efformantibus. Cetera ignota.

Prov. Setschwan: In montium Daliang-schan (territorio Lolo) ad orientem urbis Ningyüen regione temperata, in rivis utrinque in jugo Dsiliba; ca. 2900—3300 *m* (Nr. 1542).

Species a congeneribus austro-americanis folii cellulis longioribus, alaribus laxis, in ventrem dispositis jam dignoscenda.

Macrothamnium setschwanicum Broth. n. sp.

Gracilescens, caespitosum, caespitibus laxiusculis, lutescentibus, vix nitidiusculis. Folia decurrentia, concava, caulina falcatula, late ovato-lanceolata, c. 2 *mm* longa et ad 0·8 *mm* lata, superne serrulata; nervis binis, fere ad medium folii protractis; cellulis angustissimis, alaribus parenchymaticis, in ventrem dispositis. Folia ramealia multo minora erecto-patentia, sicca laxe imbricata. Seta c. 3 *cm* alta, tenuissima, rubra. Theca inclinata, turgide oblonga, gibbosula, sicca deoperculata sub ore contracta. Operculum ignotum.

Prov. Setschwan: In ditione praecedentis, in silva elata mixta tergi Soso-liangdse ad terram; ca. 2600—2800 *m* (Nr. 1706).

Species *M. javensi* Fleisch. affinis, sed foliis late ovato-lanceolatis, minutius serratis jam dignoscenda.

Gollania horrida Broth. n. sp.

Robustiuscula, caespitosa, caespitibus laxiusculis, rigidis, viridibus, nitidiusculis. Caulis elongatus, repens, dense pinnatim ramosus, ramis complanatis, brevibus, arcuatulis vel longioribus, pinnatim ramulosis. Folia horride patula, concava, breviter decurrentia, homomalla, asymmetrica, ovata, in acumen breve raptim attenuata, c. 2 *mm* longa, marginibus erectis, superne serrulatis; nervis binis ad medium folii protractis; cellulis anguste linearibus, papillose exstantibus, alaribus paucis minutis, quadratis. Cetera ignota.

Prov. Hunan: In monte Yün-schan prope urbem Wukang, in silva elata frondosa umbrosa ad rupes argilloso-schistosas; c. 1180 *m* (Nr. 12.231).

Species *G. isopterygioidi* (Broth. et Par.) Broth. valde affinis, sed foliis in acumen breve raptim attenuatis, nervis longioribus et crassioribus, cellulis punctulatis, alaribus distinctioribus dignoscenda.

Brotherella piliformis Broth. n. sp.

Dioica; gracilis, caespitosa, caespitibus densiusculis, depressis, laete viridibus, nitidis. Caulis elongatus, repens, remote pinnatim ramosus, ramis patentibus, vix ultra 1·5 *cm* longis, arcuatulis, complanatis, simplicibus. Folia erecto-patentia, concava, e basi angustata oblongo-elliptica, raptim in acumen piliforme attenuata, marginibus erectis, superne minute serrulatis; enervia; cellulis linearibus, basilaribus aureis, alaribus oblongis, vesiculosis, hyalinis. Seta c. 2 *cm* alta, tenuis, rubra. Theca subhorizontalis, cylindrica, subgibbosa, sicca deoperculata sub ore contracta, rubescenti-fusca. Operculum ignotum.

Prov. Hunan: Loco praecedentis ad lignum putridum; ca. 1150 *m* (Nr. 12.193)

Species foliis raptim piliformiter attenuatis jam dignoscenda.

Brotherella Handelii Broth. n. sp.

Autoica; gracilis, caespitosa, caespitibus mollibus, densis, pallide lutescenti-viridibus, sericeo-nitidis. Caulis elongatus, repens, per totam longitudinem hic illic fusco-radiculosus, dense et regulariter pinnatim ramosus, ramis suberectis, plerumque vix ultra 5 *mm* longis, simplicibus. Folia falcatula, concava, e basi brevi, contracta ovato-lanceolata, breviter subulato-acuminata, ad 1·3 *mm* longa, marginibus anguste recurvis, superne serrulatis; enervia; cellulis anguste linearibus, basilaribus infimis aureis, alaribus oblongis, vesiculosis, aureis. Bracteae perichaetii internae erectae, sensim in subulam minutissime serrulatam attenuatae. Seta c. 1 *cm* alta, tenuis, rubra. Theca suberecta, cylindrica, subregularis, c. 2 *mm* longa, fusca. Operculum e basi conica rostratum, rostro tenui, curvato.

Prov. Yünnan: Ad septentr. urbis Yünnanfu trans flumen Pudu-ho, 25° 40′ lat., in regione calide temperata in silva frondosa montis Sandjigu, ad truncos putridos, ca. 2700 *m* (Nr. 558).

Species pulchella, theca suberecta, cylindrica, cum nulla alia commutanda.

Homalothecium perimbricatum Broth. n. sp.

Robustiusculum, caespitosum, caespitibus densissimis, rigidis, lutescentibus, nitidis. Caulis repens, densissime ramosus, ramis erectis, c. 1 *cm* longis, strictis, teretibus, obtusis. Folia sicca arcte imbricata, humida erecto-patentia, plicata, e basi subcordata ovata vel late ovato-lanceolata, breviter acuminata, ad 2·3 *mm* longa et ad 1·2 *mm* lata, marginibus erectis, superne serrulatis; nervo longe infra apicem folii evanido; cellulis angustissime linearibus, basilaribus in pluribus seriebus laxis, alaribus quadratis. Cetera ignota.

Prov. Hunan austro-occid.: In ditione oppidi Dsingdschou, ad rupes arenaceas prope vicum Sandjingtjiao; ca. 400 *m* (Nr. 11.017)

Species distinctissima, *H. tokiodensi* (Mitt.) Besch. affinis, sed foliorum forma dignoscenda.

Meiothecium (Eumeiothecium) angustirete Broth. n. sp.

Autoicum; caespitosum, caespitibus depressis, olivaceis, nitidiusculis. Caulis repens, dense ramosus, ramis brevibus, adscendentibus. Folia sursum spectantia, lineari-lanceolata, breviter acuminata, ad 1·5 *mm* longa et ad 0·3 *mm* lata, marginibus late recurvis, integris; enervia; cellulis anguste linearibus, laevissimis, alaribus pluribus hyalinis vel aureis. Bracteae perichaetii erectae, anguste acuminatae, integrae. Seta c. 2·5 *mm* alta, tenuis, rubra, superne mamillis latis, humilibus praedita. Theca erecta vel inclinatula, oblongo-cylindrica. Cetera ignota.

Prov. Hunan: Prope urbem Tschangscha in monte Yolu-schan, ad truncos viv. *Castanopsidum* diversarum; ca. 200 *m*. (Nr. 11.460). — Ad minas Hsikwangschan prope urbem Hsinhwa in trunco vivo *Quercus* ad vicum Tindjiatang; ca. 500 *m* (Nr. 12.684).

Species *M. microcarpo* (Harv.) Mitt. affinis, sed foliorum forma cellulisque anguste linearibus dignoscenda.

Gedruckt auf Kosten des Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Die Mikrochemie der Flavonexkrete bei den Primulinae

Von

Hermann Brunswik

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien

Nr. 182 der zweiten Folge

(Vorgelegt in der Sitzung am 16. Juni 1922)

Von jeher hat der »Mehlstaub« an Blättern und Blütenständen einiger heimischer und zahlreicher ausländischer Primelarten wissenschaftliches Interesse erregt.

Während schon bei de Bary[1] die anatomischen Verhältnisse — der genetische Zusammenhang mit den bekannten Köpfchenhaaren, die er als »pili pulverulenti« von den eigentlichen Drüsenhaaren abtrennte, — klargestellt erscheinen, blieb die chemische Natur dieses pulverartigen Überzuges bis in die allerletzte Zeit unbekannt.[2] So rechnete Klotzsch[3] den Mehlstaub von *Primula Auricula* L. zu den »Pseudostearoptenen« und gibt als seinen Schmelzpunkt 50° C. an. Göppert[4] erkennt seine krystallinische Natur und zählt ihn, da im kalten Alkohol leicht löslich, zu den Harzen. Wegen dieser Löslichkeit im kalten Alkohol schließt de Bary[5] das Primel- (und Farn-)Exkret bei der Behandlung der pflanzlichen Wachsüberzüge aus. Wiesner[6] jedoch stellt den Primelmehlstaub — vom physiologischen Gesichtspunkte aus — zu den unbenetzbaren Überzügen im Anschluß an die Wachse.

Bei den Studien über die hautreizende Wirkung einiger Primeln beschäftigte sich Nestler[7] auch eingehend mit dem Mehlstaubüberzug von *Primula Auricula*,

---

[1] A. de Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane, 1877, p. 105.

[2] Vgl. H. Molisch, Mikrochemie der Pflanze, 2. Aufl., Jena 1921, p. 124 und 125.

[3] H. Klotzsch, Ref. Bot. Zeitung, 10. Jahrg., 1852, p. 200.

[4] H. R. Göppert, Nov. Act. Acad. Carol. Leop. Vol. XVIII., Suppl. 1, p. 206.

[5] A. de Bary, Über die Wachsüberzüge der Epidermis. Bot. Ztg., 29. Jahrg., 1871, p. 131.

[6] J. Wiesner, Über die krystallinische Beschaffenheit der geformten Wachsüberzüge pflanzlicher Oberhäute. Bot. Ztg., 34. Jahrg.. 1876, p. 235.

[7] A. Nestler, Das Sekret der Drüsenhaare der Gattung *Primula* mit besonderer Berücksichtigung seiner hautreizenden Wirkung. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, Math.-naturw. Kl., Bd. 111 (1902), p. 29 bis 51. — Vgl. auch A. Nestler, Hautreizende Primeln, Berlin 1904.

Pr. farinosa u. a. Es werden hierbei[1] sämtliche Lösungs- und Umkrystallisationsverhaltnisse des weißen oder gelblichen Pulvers festgestellt, seine leichte Sublimierbarkeit gezeigt, die Acroleinreaktion und Fettfleckprobe mit positivem Ergebnisse angestellt, der Schmelzpunkt als bei 84° C. liegend bestimmt und zusammenfassend festgestellt, daß »der Mehlstaub der bestäubten Primeln somit wahrscheinlich echtes Fett enthält«. Eine hautreizende Wirkung des Mehlstaubes konnte Nestler vollkommen ausschließen.

In jüngster Zeit nun untersuchte Hugo Müller[2] den Mehlstaub von *Primula pulverulenta* makrochemisch und zeigte in eindeutiger Weise, daß er, abgesehen von geringfügigen Beimengungen wachsartiger Substanzen, nahezu ausschließlich aus Flavon $C_{15}H_{10}O_2$, Schmelzpunkt 99 bis 100° besteht, einer von Kostanecki[3] zunächst theoretisch erschlossen und hypothetisch benannten, später auf mehrfache Weise synthetisch dargestellten Substanz, die konstitutionelle Stammsubstanz aller der im Pflanzenreich so weit verbreiteten Flavonderivate. Die Methodik für den mikro-, beziehungsweise histochemischen Nachweis aller dieser Oxy- und Hydroxy-Flavone hat erst vor kurzem G. Klein[4] ausgearbeitet, das einfache Flavon selbst aber nicht berücksichtigt. Da das Flavon ein mikrochemisch anderes Verhalten wie seine zahlreichen Derivate zeigt, sich andererseits auch charakteristische Spezialreaktionen ergeben, soll seine Mikrochemie im folgenden dargestellt und zugleich seine Verbreitung als Exkret bei dem Subtribus der *Primulinae* verfolgt werden.

Löslichkeit.

Das mit einer Nadel oder einem Skalpell in kleinen Mengen leicht abschabbare Mehlstaubexkret zeigt folgende Löslichkeit: Unlöslich in kaltem Wasser, in verdünnten Mineralsäuren, konzentrierter HCl, in kalter verdünnter KOH und in NH_3; wenig löslich in kochendem Wasser, rauchender HCl, kaltem Petroläther und Olivenöl; leicht löslich in allen organischen Solventien (wie Alkohol, Äther, Aceton, Chloroform, Benzol, Xylol, Benzin, heißer Petroläther, CS_2; Eisessig, Chloralhydrat), in Terpentinöl, Zimmtöl, Nelkenöl, in konzentrierter HNO_3 und H_2SO_4 (mit gelber Farbe) und siedender KOH (gelb).

Mikrochemische Reaktionen.

Bemerkenswert ist die leichte Löslichkeit des Flavons in Äther — ganz im Gegensatz zu seinen Derivaten, deren Unlöslichkeit in

---

[1] A. Nestler, l. c., p. 40 bis 46.

[2] Hugo Müller, The occurence of flavon as the farina of the primula. Journ. of the Chem. Soc. London, Bd. 107/II (1915), p. 872 bis 878.

[3] St. v. Kostanecki u. J. Tambor, Über die Konstitution des Fisetins. Ber. d. deutsch. chem. Ges., Bd. 28 (1895), p. 2302, Anm. 2. — W. Feuerstein u. St. v. Kostanecki, Synthese des Flavons. Ber. d. deutsch. chem. Ges., Bd. 31 (1898), p. 1757. — St. v. Kostanecki u. J. Tambor, Über den Aufbau des Flavons aus seinen Spaltungsprodukten, Ber. d. deutsch. chem. Ges., Bd. 33 (1900), p. 333.

[4] G. Klein, Der histochemische Nachweis der Flavone, Sitzungsb. d. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Kl., Bd. 131 (1922), Heft 1, p. 23 bis 40.

Äther Klein[1] in der allgemeinen Charakteristik der Flavone hervorhebt. Weitere Unterschiede gegenüber allen Flavonderivaten sind ferner das Fehlen jeglicher Farbenreaktion mit wässerigem, beziehungsweise alkoholischem $FeCl_3$ und das Ausbleiben jeder Reaktion mit alkoholischem Bleiacetat. An positiven, charakteristischen Proben ist anzuführen:

1. Umkrystallisation mit Mineralsäuren.

Etwas Mehlstaub unter Deckglas mit konzentrierter HCl versetzt, krystallisiert langsam von selbst um (Zeichen für eine geringe Löslichkeit!) in feine Nadeln, Nadelbüschel etc. von typischem Flavonaussehen. Erwärmt man etwas Flavonexkret mit konzentrierter HCl unter Deckglas bis knapp zum Sieden, so tritt Lösung ein und beim Erkalten fällt das Flavon in schön ausgebildeten Einzelkrystallen oder großen Nadelbüscheln aus. Aus den angeführten Löslichkeiten ergibt sich als selbstverständlich, daß auch HNO_3 und H_2SO_4 bestimmter Konzentration zum Umkrystallisieren des Mehlstaubpulvers verwendet werden können, wie auch schon Nestler[2] und Müller[3] beobachteten. Am handlichsten ist jedenfalls die Umkrystallisation in heißer konzentrierter HCl und vertritt, da es sich ja zumeist um eine bereits feste, krystallinische Substanz handelt, die von Klein[4] für alle Flavonderivate empfohlene Krystallisation durch HCl-Dämpfe.

2. Mikrosublimation.

Schon ganz geringe Mengen des Primelmehlstaubs liefern — wie schon Nestler zeigte — brauchbare Sublimate. Das Flavon erscheint nach dem völligen Erkalten des Sublimates in meist rankenförmigen bis federartigen Krystallbildungen, am Rande auch in Einzelkrystallen. Die Sublimate können mit Vorteil zur Ausführung der Reaktion mit Jod (vgl. Punkt 4) verwendet werden. Läßt man Sublimationspräparate frei an der Luft durch etwa 10 Tage liegen, so sind sie im ganzen unverändert, höchstens eine geringfügige Umordnung der Einzelnadeln ist erkennbar. Das Flavon ist demgemäß bei Normaltemperatur höchstens in Spuren flüchtig.

Die Flüchtigkeit des Flavonexkrets kann daher nicht zur Erklärung des Umstandes herangezogen werden, daß auf natürlichen Standorten, z. B. die Blätter von *Primula Auricula* bei der Entfaltung dicht überdeckt sind mit dem Flavonexkret, mit zunehmendem Alter aber der Mehlstaubüberzug immer mehr abnimmt, so daß die ältesten Blätter bereits völlig exkretfrei sein können. Dies dürfte, da die Sekretion durch die Drüsenhaare nur einmal in der ersten Jugend erfolgt, demnach auf rein mechanische Weise, durch Regen, Schneedecke, Trockenheit und Wind hervorgerufen werden. Dafür spricht auch, daß bei Exemplaren von *Primula Auricula*, die ich seit 2 Jahren im Zimmer ziehe, wo alle diese mechanischen Faktoren ausgeschlossen sind, noch die ältesten, schon völlig braunen Blätter den Flavonmehlstaub unverändert tragen

---

[1] G. Klein, l. c., p. 31.

[2] A. Nestler, l. c., p. 46.

[3] H. Müller, l. c.

[4] G. Klein, l. c., p. 29.

3. Fluoreszenz der Lösung in konzentrierter H_2SO_4.

Für synthetisches Flavon hatte Kostanecki[1] festgestellt, daß seine Lösung in konzentrierter H_2SO_4 schön blauviolett fluoresziert. Tatsächlich zeigt der Primelmehlstaub nun ganz dieselbe Eigenschaft, wenn man eine entsprechende Menge davon in wenig Vitriolöl löst und in herkömmlicher Weise auf der schwarzen Glasplatte oder in einer schwarzen Glaskapillare[2] beobachtet. Unter den im Pflanzenreich vorkommenden Flavonderivaten zeigen nur Saponarin, Kämpferid und Kämpferol die gleiche Eigenschaft.

4. Verhalten gegen Jod.

In letzter Zeit fanden Barger und Starling[3] bei zahlreichen synthetischen α- und β-Pyronen die Fähigkeit, in ganz ähnlicher Weise, wie z. B. Stärke, Cholalsäure oder Saponarin, mit Jod blaue Adsorptionsverbindungen, beziehungsweise Mischkrystalle zu liefern. Bei synthetischem Flavon erhielten die Genannten[4] sowohl Mischkrystalle von Flavon mit Jod, permanente blaue Nadeln, wie auch eine schwarze Adsorptionsverbindung von Jod an amorphes Flavon. Tatsächlich lassen sich nun mit dem Flavonexkret der verschiedenen Primeln diese beiden Verbindungen mikrochemisch erzielen.

a) Blaue Mischkrystalle.

Etwas mit dem Skalpell abgeschabter Mehlstaub wird unter Deckglas in 96% Alkohol so gelöst, daß die alkoholische Flüssigkeit nur etwa die Hälfte des Raumes zwischen Deckglas und Objektträger einnimmt. Der noch freie Raum unter dem Deckglas wird hierauf mit Jodjodkalium ausgefüllt. An der Diffusionszone Alkohol-Jodjodkali wird durch den Wasserüberschuß das Flavon ausgefällt, und zwar in Form eines schön blauen Niederschlages, der aus Körnchen, zarten, blauen Nadeln und Nadelbüscheln, oft auch aus einem feinen Nadelfilz besteht. Diese blauen Mischkrystalle sind in Wasser, selbst in 25% bis 50% HCl beständig und unterscheiden sich hierdurch ganz eindeutig von den habituell ziemlich ähnlichen, aber schon wasserlöslichen, rotvioletten Saponarin-Jodmischkrystallen, wie sie Molisch[1] durch Verdampfen der alkoholischen oder wässerigen Lösung, Barger[2] und G. Klein[3] aus jodhältiger Essigsäure erzielten.

---

[1] St. v. Kostanecki und A. Ludwig, Über das 2-Bromflavon. Ber. d. deutsch. chem. Ges., Bd. 31 (1898), p. 2953 Anm.

[2] Vgl. H. Molisch, l. c., p. 32.

[3] G. Barger and W. Starling, Blue adsorption compounds of iodine. Part II and III. Derivates of α- and γ-Pyrone. Journ. of the Chem. Soc. London. Bd. 107/I. (1915), p. 411 bis 424.

[4] Barger and Starling, l. c., p. 414 u. p. 420.

Die blauen, pleochroitischen Mischkrystalle, die Jod mit Kumarin liefert, die bereits Perkin sen. 1871 erwähnt, Barger[4] näher studierte und die seit Senft[5] zur mikrochemischen Identifikation von Kumarin Verwendung finden, können wohl ebenfalls zu keiner Verwechslung Anlaß geben.[6]

Andere wässerige Jodreagentien, wie Chlorzinkjod oder Jodwasser eignen sich, zur Fällung der alkoholischen Flavonlösung unter dem Deckglas in der beschriebenen Weise nur wenig oder gar nicht. Es entstehen keine blauen Mischkrystalle, sondern braunschwarze

b) Adsorptionsverbindungen.

In Gegenwart von Jod rasch amorph oder langsam in Krystallform gefälltes Flavon adsorbiert Jod an seiner Oberfläche derart stark, daß es zuerst violett, dann schwarzbraun bis schwarz erscheint. Flavonsublimate oder fertige Flavoneinzelkrystalle, mit einer jodhältigen Flüssigkeit betupft, verhalten sich ebenso;[7] die ursprünglich doppelbrechenden Flavonkrystalle leuchten bei gekreuzten Nicols nicht mehr auf, verlieren also scheinbar ihre Krystallnatur. Daß es sich bloß um eine Adsorptionsverbindung handelt, wie sie auch Bayer und Starling für amorphes Flavon angaben, läßt sich durch langes Waschen in H_2O nachweisen. Während nämlich kaltes Wasser, verdünnte – 50%ige HCl, bei kurzem Waschen keine nennenswerte Veränderung der schwarz gewordenen Flavonkrystalle bewirkt und das adsorbierte Jod auch bei tagelangem, freiem Liegen der nachträglich behandelten Sublimate oder Krystallfällungen sich nicht verflüchtigt, gelingt es durch Einlegen der Präparate auf 24 Stunden in destilliertes Wasser das Jod zu entfernen und die ursprünglichen Krystalle — nun wieder doppelbrechend -- zurückzugewinnen.

---

[1] H. Molisch, Über das Vorkommen von Saponarin bei einem Lebermoos (Madotheka platyphylla). Ber. d. deutsch. bot. Ges., 1911, Bd. 29, p. 487 bis 491.

[2] G. Barger, Saponarin, a new glucoside coloured blue with iodine. Transact. of the Chem. Soc., London, 1906, Bd. 89, p. 1212.

[3] G. Klein, l. c., p. 44.

[4] G. Barger und W. Starling, l. c., (1915), p. 414 und 418.

[5] E. Senft, Über das Vorkommen und den Nachweis des Kumarins in der Tonkabohne. Pharm. Praxis, 3. Jahrg., 1904, Heft 3.

[6] Anmerkung: Die Vermutung Senft's (l. c.), daß es sich hierbei um eine analoge Verbindung wie Perkins Kumarindibromid $C_9H_6O_2.Br_2$ handelt, wurde von Barger und Starling (l. c.) nicht bestätigt. -- Der Wert der mikrochemischen Spezialreaktionen von Kumarin, Saponarin und Flavon mit Jod wird durch den Umstand, daß keine eigentlichen Jodverbindungen, sondern nur blaue-rotviolette Mischkrystalle dieser Substanzen mit Jod entstehen, keineswegs geschmälert; zeigten doch gerade Barger und Starling (l. c.), daß die Konstitution der Substanz hierfür von wesentlichem Einfluß ist. Flavonderivate z. B., die eine OH-Gruppe am Pyronkern besitzen (= Flavonole!) liefern keine Jodmischkrystalle und Additionsverbindungen.

[7] Anmerkung: Die Frage, ob das Jod direkt von den Krystallflächen adsorbiert wird, oder ob an diesen ungereinigten Flavonkrystallen (auch Sublimaten) kolloidales, amorphes Flavon adsorbiert ist, das seinerseits mit Jod eine schwarzbraune Adsorptionsverbindung liefert, soll hierbei nicht entschieden werden. Im Sinne Bargers ist die letztere Annahme die wahrscheinlichere.

Die unter 1 bis 4 eben angeführten Reaktionen, besonders die Umkrystallisation mit konzentrierter HCl und die Fällung der charakteristischen, blauen Jodmischkrystalle, eventuell ausgeführt am Sublimat, wurden, nebst der allgemeinen Löslichkeitsprüfung, zur Ermittlung der Verbreitung der Flavonexkretion bei dem Subtribus der *Primulinae* herangezogen. Es ergaben sich hierbei zwei Typen der Flavonausscheidung durch die Köpfchendrüsenhaare: Das bei der Exkretion in fetter Lösung (vgl. Reaktionsergebnisse von Nestler, l. c.!) befindliche Flavon krystallisiert entweder nach Durchtreten der Kutikula in Kürze aus, was dann, je nach dem Gehalt an sonstigen Beimengungen als weißlicher oder gelblicher »Mehlstaub« erscheint, oder das Flavon wird in dieser fetten Lösung zähe festgehalten und ist aus dem bis ins Alter der Pflanze flüssigbleibenden Drüsenexkret nur durch chemische Mittel krystallisiert fällbar. In ersterem Falle konnte auch Herbarmaterial geprüft werden, während die flüssigbleibenden Drüsenexkrete nur an lebenden Pflanzen untersucht werden können.

1. Krystallisierte Flavonausscheidung (»Mehlstaub«)

findet sich bei den Gattungen *Primula* und *Dionysia*. Von den über 150 beschriebenen Primelarten konnten 74 Arten untersucht werden. Flavon, an irgend einem Pflanzenteil (Blatt, Blattrand; Blütenstiel, Kelch, Kelchzipfel) ausgeschieden, ließ sich bei folgenden 25 Arten nachweisen:[1]

Pr malacoides Franch (III. S., Nr. 21); *Pr. verticillata* Forsk (IV. S., Nr. 24); *Pr. petiolaris* Wall. var. *pulverulenta* Hook (V. S., Nr. 26), *Pr. Hookeri* Watt (V. S., Nr. 27); *Pr. capitellata* Boiss. (IX. S., Nr. 46), *Pr. algida* Adams (IX. S., Nr. 47); *Pr. capitata* Hooker (nach H. Müller, l. c., X. S., Nr. 54), *Pr. denticulata* Sm. var. *Cashmiriana* Hooker (X. Sect., Nr. 55); *Pr. stricta* Hornem. (XI. S., Nr. 66), *Pr. farinosa* L. (XI. S., Nr. 68), *Pr. scotica* Hook. (XI. S., Nr. 69), *Pr. longiflora* All. (XI. S., Nr. 70), *Pr. frondosa* Janka (XI. Sect., Nr. 71); *Pr. minutissima* Jacquem (XII. S., Nr. 73), *Pr. Heydei* Watt (XII. S., Nr. 74); *Pr. Stuartii* Wallich (XIV. S., Nr. 84), *Pr. nivalis* Pall. Varietäten (XIV. S., Nr. 85); *Pr. Fauriae* Franch (XVI. S., Nr. 94); *Pr. japonica* Gray (nach H. Müller, l. c., XIX. S., Nr. 118); *Pr. Auricula* L. (XX. S., Nr. 126), *Pr. Palinuri* Petagna (XX. S., Nr. 127), *Pr. marginata* Curt. (XX. S., Nr. 128), *Pr. pubescens* Jacq. (= *Pr. Auricula* × *hirsuta*); *Pr. Americana* Rydb. (1901); *Pr. longipes* Fr. u. Sint. (Ind. Kew. 1904).

---

[1] Nomenklatur, Sektioneneinteilung (S.) und fortlaufende Numerierung nach F. Pax, Monographische Übersicht über die Arten der Gattung *Primula*, Engl. Bot. Jahrb. f. Syst., X. Bd. (1889), p. 75 bis 241).

Bei der auf Persien, Turkestan und Afghanistan beschränkten Gattung *Dionysia* (20 Arten)[1] konnten **drei** Arten mit kryst. Flavonausscheidungen gefunden werden: *Dionysia revoluta* **Boiss.** (Nr. 1), *Dionysia tapetodes* **Bunge** (Nr. 6) und *Dionysia diapensiifolia* **Boiss.** (Nr. 20). Die gelbliche Exkretmasse an Blattunterseite, Kelch und Blumenkronröhre besteht aus einem Gewirr langer, fädiger Krystallbildungen, die sich trotz ihrer morphologischen Verschiedenheit mikrochemisch genau ebenso verhalten wie der kleinkörnig-krystallinische Flavonmehlstaub bei den Primeln.

2. Flavon als Bestandteil von flüssig bleibendem Drüsenexkret.

Auch in dem stets flüssig bleibenden Exkret der Drüsenhaare von *Primula sinensis* Ldl. kann Flavon eindeutig in reichlicher Menge nachgewiesen werden. **Nestler**[1] beschäftigte sich bereits eingehend mit diesem manchmal hautreizenden Sekret und zeigte, daß es im Gegensatz zu den Sekrettröpfchen bei *Primula obconica* **Hance** u. a., durch verdünnte oder konzentrierte HCl in eine Masse nadel- oder garbenförmiger Krystallaggregate umgewandelt wird. Diese Krystalle sind nun nichts anderes als **Flavon**, da mit ihnen sämtliche angeführten Reaktionen genau so verlaufen wie mit Mehlstaub (vgl. nachfolgende Tabelle).

Reibt man einen Objektträger leicht an der Unterseite eines Blattes von *Primula sinensis*, so sind zahlreiche, grüngelbliche Sekrettröpfchen daran abgedrückt. Man fällt entweder zuerst das Flavon mit HCl aus seinem fettigen Lösungsmittel oder man verwendet die Sekrettröpfchen direkt zur Reaktion, z. B. zur Sublimation oder zur Erzielung der blauen, filzförmigen Mischkrystalle mit Jod, wozu bei der nötigen Vorsicht selbst ein einziger Sekrettropfen genügt. Behandelt man die Sekrettröpfchen unter Deckglas mit Jodwasser, so bilden sich in jedem langsam Flavonkrystalle, die zugleich Jod derart adsorbieren, daß sie hell- bis dunkelbraun erscheinen.

Dieser Befund stimmt nun mit den Untersuchungsergebnissen von **Nestler** über die **hautreizende** Wirkung der Primelexkrete gut überein. **Mehlstaub**, somit **Flavon** $C_{15}H_{10}O_2$, ist nach **Nestler's** Versuchen sicher **nicht** hautreizend und auch der durch Sublimation gewonnene Bestandteil des Sekrets von *Primula sinensis* (= Flavon) »hatte **keine** hautreizende Wirkung zur Folge«. Die im Drüsenhaarsekret von *Primula obconica* auftretenden und durch Sublimation abtrennbaren Krystalle hingegen, die als solche nach zwei Versuchen **Nestler's** eine intensiv hautreizende Wirkung haben, unterscheiden sich, wie die Tabelle zeigt, auch chemisch wesentlich von den Krystallen bei *Primula sinensis* — sind also sicherlich **kein** Flavon (vgl. Tabelle, Rubrik 3, 7, 8, 12, 14, u. 18) Ob sie, da ihre Lösungsverhältnisse denen des Flavons doch einigermaßen ähnlich, eine dem Flavon nahestehende Substanz sind, läßt sich **mikrochemisch** wohl nicht entscheiden.

---

[1] Nomenklatur und fortlaufende Nummer nach **Engler**, Das Pflanzenreich, Bd. IV/237 (1905), p. 160ff.

[2] A. **Nestler**, l. c., p. 34 bis 36.

Übersichtstabelle der Reaktionen mit den Krystallen im Sekret von *Primula obconica*, *Pr. sinensis* und des Primelmehlstaubes.

Rubrik Nr.	Reagens	Mehlstaub von *Primula Auricula* L. (= Flavon)	Krystalle aus dem Sekret von *Pr. sinensis* (= Flavon)	Krystalle aus dem Sekret von *Pr. obconica* (= x?)
1	H_2O kalt	unlöslich	unlöslich	unlöslich
2	H_2O heiß	teilweise löslich, teilweise zu Tropfen zusammengeschmolzen	teilweise löslich, teilweise bloß zu Tropfen zusammengeschmolzen	gut löslich
3	25% HCl	unlöslich	unlöslich	löslich
4	70% HCl	unlöslich; langsame Umlagerung	unlöslich; langsame Umkrystallisation	löslich
5	konz. HCl	kaum löslich (in der Hitze löslich)	kaum löslich (in der Hitze löslich)	löslich
6	konz. H_2SO_4	mit schwach gelber Farbe gelöst	mit gelblicher Farbe löslich	löslich unter Bildung eines blauen Zwischenprodukts (bl. Tropfen und Filz)
7	Fluoreszenz der Lösung in konz. H_2SO_4	blau	blau	keine
8	KOH kalt (10% bis 50%)	unlöslich	unlöslich (wenn auch Zusammenfließen der Krystalle zu Tropfen unter Einfluß des ursprünglichen, nicht entfernten Lösungsmittels)	10% KOH: löslich in zart rosa Farbe; 50% KOH: löslich unter vorübergehender Grünfärbung

9	KOH heiß	mit gelber Farbe gelöst und abgebaut	—	—
10	$Ba(OH)_2$	unverändert	keine Reaktion	—
11	NH_3 konz.	schwer löslich (bloß langsame Umlagerung)	langsam löslich	langsam löslich
12	Jodjodkalium	Die intakten Krystalle adsorbieren Jod bis zur Schwarzfärbung	intakte Krystalle adsorbieren Jod bis zur Schwarzfärbung	Verschwinden der Krystalle — Bildung dunkelbrauner Tropfen
13	Jodtinktur	Nach Abdampfen des Alkohols schwarze Einzelkrystalle (Adsorption v. J.)	nach Abdampfen des Alkohols schwarze Einzelkrystalle (Adsorption v. J.)	nach Abdampfen des Alkohols Rückstand dunkelbrauner Tropfen
14	Jodjodkalium zur alkohol. Lösung	Fällung blauer Mischkrystalle (Nadeln, feiner Nadelfilz)	Fällung blauer Mischkrystalle (Nadeln, feiner Nadelfilz)	dunkelbraune Tropfen gefällt
15	alk. $FeCl_3$	Lösung ohne Farbreaktion	Lösung ohne Farbreaktion	Lösung ohne Farbreaktion
16	wäss. alk. } Bleiacetat	keine Fällung	keine Fällung	keine Fällung
17	Bleiessig	keine Fällung	keine Fällung	keine Fällung
18	Sublimationsform	farblose Nadeln und Ranken; Nadelaggregate	farblose Nadeln und Ranken, Nadelaggregate	gelbliche Prismen, rhombische Plättchen, Kombinationen: große Nadelspieße

Bezüglich des flüssigen Sekretes von *Pr. sinensis* ergibt sich noch folgende Frage: Nach Nestler ist *Pr. sinensis* schwach hautreizend; da von vorneherein angenommen werden müßte, daß die Giftsubstanz bei *Pr. sinensis* dieselbe ist, wie bei *Pr. obconica* Hance, *Pr. cortusoides* L., *Pr. Sieboldii* Morren und *Pr. mollis* Hook., alles Angehörige derselben Sektion *(Sinenses)*, so müßten aus dem Sekret auch Krystalle von denselben Eigenschaften wie bei *Pr. obconica* zu erzielen sein. Dies ist nun weder bei meinen Untersuchungen gelungen, noch erwähnt Nestler (l. c.) etwas davon. Diese mikrochemische Deduktion gelangt daher zu demselben Zweifel an der hautreizenden Wirkung von *Primula sinensis* überhaupt, wie er sich in dem Urteile Nestlers spiegelt, wenn er zusammenfassend[1] schreibt: »Es ist sogar nach allen Erfahrungen möglich, daß manche Individuen der *Primula sinensis* aus unbekannten Gründen überhaupt kein giftiges Sekret besitzen.« Immer jedoch ist in diesem flüssigen Drüsensekret der *Pr. sinensis* Flavon enthalten und *Pr. sinensis* stellt gewissermaßen den hygrophytischen Typus der Flavonexkretion dar, gegenüber dem mehr xerophytischen, mit Lösungsmittel sparenden Typus unserer »Mehlstaubprimeln«.

Schließlich wurde auch das flüssig bleibende Drüsenexkret von *Cortusa Matthioli* L. auf die Anwesenheit von Flavon mit positivem Ergebnisse geprüft. Nestler[2] hat die hautreizende Wirkung dieser Pflanze festgestellt und hierbei auch mikrochemische Angaben über das Drüsensekret gemacht.

Nach Nestler finden sich in den Sekretmassen kleine, nadelförmige oder prismatische Krystalle, die aber, gelöst in Alkohol oder Äther, daraus nicht mehr zurückgewonnen werden konnten; auch eine Sublimation gelang nicht. Daher schien es sich um einen ganz anderen Körper wie bei den Primeln zu handeln.

Zunächst erhielt auch ich dieselben Resultate wie Nestler. Löst man aber ganz so wie bei *Primula sinensis* das Sekret in Alkohol und setzt unter Deckglas Jodjodkalium zu, so gelangt ein rein blauer Nadelfilz, oft in zarten, schneeflockenförmigen Gebilden angeordnet, zur Ausfällung, der in konzentrierter HCl in der Kälte unlöslich (bloß rotvioletter Farbenumschlag), durch Erwärmen in braune Nadelbüschel umkrystallisierbar ist und — in größerer Menge gesammelt — auch ein farbloses Sublimat in Form von Einzelnadeln oder Ranken gibt, somit in allem identisch mit den Flavon-Jodmischkrystallen erscheint. Eine direkte Ausfällung des Flavons aus den auf einen Objektträger abgestreiften Sekrettropfen gelingt nun weder durch Behandlung mit verdünnter, noch mit konzentrierter HCl, wohl aber durch Einwirkung von kalten Salzsäuredämpfen (aus rauchender HCl freiwerdend; Anordnung in der Glaskammer nach G. Klein[3]). Die einzelnen Tropfen erscheinen dann nahezu völlig umgesetzt in ein Gewirr von Nadelkrystallen, ähnlich wie bei *Pr. sinensis.* An freier Luft aber sieht man in kürzester Zeit diese Krystalle abschmelzen und schließlich zu der ursprünglichen, homogenen Sekretmasse werden, aus der sie durch neuerliche Einwirkung von HCl-Dämpfen wieder zurückgewonnen werden können. Auch in destilliertem H_2O, 25%, 60% und konzentrierter HCl bilden sich unter Einfluß des intakt gebliebenen Lösungsmittels die Krystalle sofort in Tropfen um oder gehen durch dessen Vermittlung ganz in Lösung. Setzt man aber die Sekrettropfen nach Einwirkung der HCl-Dämpfe (Krystallausfällung) sofort auf 1 bis 2 Minuten kalten Joddämpfen aus, wie sie in einem Gefäß mit sublimiertem Jod enthalten sind, so färben sich die nadelförmigen Krystalle braunviolett bis schwarz (»Jodadsorptionsverbindung!«) und sind so dauernd haltbar in freier Luft, unlöslich in H_2O, Jodjodkalium, verdünnter und konzentrierter HCl, lassen sich mit heißer konzentrierter HCl unter Deckglas in Nadelbüscheln umkrystallisieren und liefern auch ein typisches, farbloses Nadel- und Rankensublimat. Bei *Cortusa Matthioli* L. befindet sich das Flavon in einer derart innigen Fettlösung, daß die durch HCl-Dämpfe gefällten Flavonkrystalle nur durch die gewissermaßen fixierende Wirkung von Joddämpfen dauernd gewinnbar und in ihrer wahren Löslichkeit zu verfolgen sind.

---

[1] A. Nestler, l. c., p. 36.

[2] A. Nestler, *Cortusa Matthioli* L., eine stark hautreizende Pflanze. Ber. der Deutschen botan. Ges., 1912, Bd. 30, p. 330 bis 334.

[3] G. Klein, l. c., p. 29.

Auch bei *Cortusa Matthioli* muß demnach die hautreizende Giftsubstanz in der amorphen Sekretgrundmasse enthalten sein, während die auf die angegebene Weise reichlich ausfällbaren Krystalle die mikrochemischen Reaktionen des Flavons geben.[1]

Zusammenfassung.

Das von Hugo Müller durch makrochemische Analyse als Hauptbestandteil des Primelmehlstaubs entdeckte Flavon $C_{15}H_{10}O_2$ ist, abgesehen von seiner Löslichkeit, durch folgende mikrochemische Reaktionen gekennzeichnet: 1. Umkrystallisation in heißer konzentrierter HCl unter Deckglas zu charakteristischen Krystallen; 2. aus der alkoholischen Lösung fällt Jodjodkalium leuchtend blaue nadelbüschel- oder nadelfilzförmige Jod-Flavonmischkrystalle, die selbst in 50% HCl unlöslich; 3. auch fertig ausgebildete Flavonkrystalle adsorbieren Jod stark bis zur Schwarzfärbung und halten es zähe fest; 4. Flavon liefert ein nadel- oder rankenförmiges, farbloses Sublimat, an dem die Jodreaktionen (2 und 3) mit Vorteil ausführbar; 5. blaue Fluoreszenz der Lösung in konzentrierter H_2SO_4. Außer im »Mehlstaub«-Exkret von 25 *Primula*-Arten konnte Flavon als feste Ausscheidung bei

---

[1] Anmerkung: Flavon dürfte sich wohl in dem flüssigbleibenden Drüsensekret noch anderer *Primulinae* finden, was sich aber nur an lebendem Pflanzenmaterial nachweisen läßt.

3 Arten der Gattung *Dionysia* nachgewiesen werden. *Primula sinensis* Ldl. und *Cortusa Matthioli* L. enthalten in ihrem flüssigbleibenden Drüsenexkret sehr reichlich Flavon in ± inniger Lösung, während der von Nestler entdeckte krystallisierbare, hautreizende Körper von *Primula obconica* Hance die Flavonreaktionen nicht gibt und sich auch durch andere Löslichkeit unterscheidet.

Zum Schlusse möchte ich meinem hochverehrten Lehrer, Hofrat Prof. Dr. H. Molisch sowie auch Herrn Assistenten Dr. G. Klein für die mir zuteil gewordenen Anregungen bestens danken.

Gedruckt auf Kosten des Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Mitteilungen aus der Biologischen Versuchsanstalt der Akademie der Wissenschaften in Wien
Pflanzenphysiologische Abteilung, Vorstand W. Figdor

Nr. 77.

Über die Entwicklung der Wendeltreppenblätter von *Helicodiceros muscivorus* Engl.

Von

Wilhelm Figdor

(Mit 1 Textfigur)

(Vorgelegt in der Sitzung am 6. Juli 1922)

Die Verschiedenheit der Blattgestalt ist wohl bei keiner Familie der Monocotyledonen so überaus auffällig als bei der der Araceen.[1] Denn abgesehen davon, daß die Vertreter der einzelnen hierher gehörigen Gattungen nicht selten voneinander ganz abweichende Formen der Assimilationsorgane zeigen, wechseln diese selbst bei ein und derselben Art oftmals während ihrer Individualentwicklung in der mannigfaltigsten Weise.[2] Worauf die Plastizität des Protoplasmas, die hierfür letzten Endes verantwortlich gemacht werden muß, beruht, ob sie durch innere, in der Organisation der Pflanze gelegene Verhältnisse oder durch äußere Kräfte (Licht, Feuchtigkeit usw.) bedingt wird, ist bisher nicht bekannt geworden.

Eine der merkwürdigsten Blattbildungen, die das Pflanzenreich überhaupt aufweist, zeigen Exemplare der bei der oben erwähnten

---

[1] Vgl. A. Engler: *Araceae* in Engler und Prantl's nat. Pflanzenfamilien, II. T., 3. Abt., p. 102 ff., und A. Engler: Das Pflanzenreich. *Araceae*, IV., 23. Abt. (Pars generalis und Index familiae generalis). Daselbst die Hinweise auf das Genus *Helicodiceros*.

[2] Siehe auch in A. Engler: Das Pflanzenreich, IV. 23. C. *Araceae-Lasioideae*, die Abbildung von *Dracontium polyphyllum* oder von *Anadendrum medium (Pothos flexuosa)* nach Ridley: *Pothos flexuosus*, Hort. in Gardeners chronicle, I., p. 527 (1894).

Familie eingereihten Gattungen *Helicodiceros* und *Helicophyllum.* Ich habe die einzig bekannte Art der ersterwähnten Gattung (*H. muscivorus* Engl., *H. crinitus* Schott) in einem Gewächshaus in Kultur und zwar seit dem Jahre 1913. Dieselbe ist eine Knollenpflanze und läßt sich durch jährlich an der Stammknolle verschieden zahlreich auftretende Brutknöllchen[1] leicht vegetativ vermehren. Im Laufe der aufeinanderfolgenden Jahre zog ich auf diese Weise 27 einjährige, 28 zwei-, 32 drei-, 23 vier-, 18 fünf-, 15 sechs-, 5 sieben-, 6 acht- und 4 neunjährige Exemplare heran.

Da die Blätter am Ende einer jeden Vegetationsperiode einziehen, sodaß jedes Jahr neue sich in den Dienst der Assimilation stellen,[2] kann man durch genaue Bezeichnung der einzelnen Gewächse feststellen, wie alt sie sind. An diesen beobachtete ich fortlaufend den Aufbau, die Gestalt der Assimilationsorgane in Abhängigkeit von dem Alter der Pflanzen. Obwohl ich meine Aufzeichnungen hierüber noch fortführe, möchte ich doch schon heute einige ganz interessante Ergebnisse, wenigstens meiner Meinung nach, veröffentlichen.

Es stellte sich heraus, daß die Blätter auch hier eine Jugendform aufweisen, die, wie gewöhnlich, nicht unvermittelt in die Folgeform übergeht. Diese selbst ist aber nicht unveränderlich, sondern zeigt im Laufe der Jahre eine gesetzmäßige, fortschreitende Entwicklung, wie zahlenmäßig nachgewiesen werden soll. Es wäre eine überaus dankenswerte Aufgabe nun in der freien Natur — die Pflanze ist in Korsika, Sardinien und der Iberischen Provinz[3] heimisch — Nachschau zu halten, ob die Wachstumsverhältnisse der Assimilationsorgane auch dort dieselben sind wie bei den hier gehaltenen Individuen. Vielleicht gelingt es an solchen der Frage nach den Ursachen der Blattgestalt mit Erfolg näher zu treten.

Nebenbei sei gesagt, daß ganz ähnliche Gesetzmäßigkeiten im Aufbau der Blätter, wie sie in der Folge beschrieben werden sollen, nach meinem Dafürhalten auch für den Genus *Helicophyllum*[4] und andere nahe verwandte Gattungen gelten werden.

Über die Entwicklung der Knolle, deren Gestalt nebst der Beschreibung der anatomischen Verhältnisse wird, da ich in der Literatur diesbezüglich keine Angaben gefunden habe, an anderer Stelle berichtet werden.

---

[1] Engler erwähnt das Vorkommen solcher bei unserer Art nicht.

[2] Engler: Vergleichende Untersuchungen über die morphologischen Verhältnisse der *Araceae.* Nova acta der Kais. Leopold.-Karol. Deutschen Akademie d. Naturf., Bd. 39 (1877), Nr. 4, p. 201.

[3] Engler: Das Pflanzenreich (Pars generalis), l. c., p. 104.

[4] Auch diese Gattung ist an Arten arm, es sind im ganzen nur fünf aus Armenien, Turkestan, Palästina und Sibirien bekannt.

I. Die Gestalt der Assimilationsorgane.

Bereits Engler[1] erwähnt, daß das Blatt in Stiel und Spreite gegliedert und letztere deutlich cymös verzweigt ist, die Basen der Seitenabschnitte voneinander entfernt sind und das Blatt daher entschieden fußförmig (pedatifid) ist. Die äußeren Blattabschnitte sind um die Seitenrippen spiralig gedreht.

Goebel[2] beschreibt das Blatt unserer Art näher und sagt »daß die Blattspreite unten 2 Lappen hat, die es (es soll wohl heißen sie) pfeilförmig machen würde, wenn sie einfach blieben. Sie verzweigen sich aber sympodial![3] Diese Zipfel sind aber nicht wie bei *Sauromatum* in einer Ebene ausgebreitet, sondern wendeltreppenartig gedreht, sodaß die Blattzipfel an einer zentralen Achse angeordnet erscheinen. Diese ist aber nichts anderes als der verdickte äußere Rand der Basis der einzelnen Lappen«. Letztere Behauptung trifft nicht ganz zu, wie wir noch sehen werden. Nach Goebel werden derartig gebaute Blätter heute ganz allgemein Wendeltreppenblätter[4] genannt. Ich möchte noch erwähnen, daß die Windungen der wendeltreppenartig geformten Auswüchse an den beiden Blatthälften immer im entgegengesetzten Sinne, stets von innen beginnend nach außen gegen die Blattspitze zu verlaufen, so zwar, daß die Torsion auf der rechten Blatthälfte (von der Mitte der Pflanze gegen die Blattspitze zu gesehen) im Sinne des Uhrzeigers, auf der linken in entgegengesetzter Richtung verläuft.

---

[1] Vgl. Schott Österr. bot. Wochenblatt, III (1853), p. 369, und Engler Beiträge zur Kenntnis der *Araceae*. V. Bot. Jahrbucher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie. Bd. V (1884), p. 151. Das gleiche wird von *Helicophyllum* und *Dracunculus* erwähnt. Siehe auch Engler und Prantl *Araceae*, p. 148.

[2] Goebel Organographie, I. Aufl. (1898 bis 1901), p. 520, und II. Aufl. (1913), p. 25.

[3] Bei *Helicophyllum*, *Dracunculus*, *Sauromatum* u. a. geschieht dasselbe. An der Hand der beigegebenen Figur wird dies für *Helicodiceros* näher erklärt.

[4] So gestaltete Blätter sind den Mitteilungen desselben Forschers (Über Wendeltreppenblätter. Naturw. Rundschau, Bd. 26 [der neuen Folge X. Bd.], Jahrg. 1911, p. 97 ff.) zufolge auch Dicotyledonen, und zwar 2 *Begonia*-Hybriden (*B. Rex* f. *Comtesse Luise Erdödy* und *B. ricinifolia* f. *Wehleana*) eigen. Bei den eben genannten Sports — um solche handelt es sich wohl — kommt die Wendeltreppenblattform dadurch zustande, daß die basalen Partien einer jeden Blatthälfte nicht in den Dauerzustand übergehen, sondern ihr Wachstum längere Zeit hindurch unter gleichzeitiger Änderung ihrer ursprünglichen Wachstumsrichtung fortsetzen. Am schönsten zeigt sich diese Blattform, wenn man Pflanzen als Blattstecklinge kultiviert und alle sich bildenden Adventivsprosse entfernt. So konnte Goebel an den eben genannten Pflanzen innerhalb weniger Wochen 3 Schraubenwindungen entstehen sehen, einige Pflanzen bildeten sogar 7 Umläufe und Goebel meint, daß derartige Individuen unbegrenzt wachsen könnten. Schließlich sterben sie aber infolge innerer Ursachen ab. Die Entwicklung der Wendeltreppenblätter ist hier gänzlich verschieden von der bei den Monocotyledonen, wie von mir gezeigt werden wird. Über das Auftreten von Spiralen überhaupt vgl. auch H. Molisch: Goethe, Darwin und die Spiraltendenz im Pflanzenreiche. Naturw. Wochenschrift, Bd. 35 (der neuen Folge 19. Bd.), p. 625.

Wie die Wachstumsweise der Wendeltreppenblätter ist, wird wohl am ehesten klar, wenn ich die Entwicklung der im Laufe der Jahre nacheinander auftretenden Blätter beschreibe.

Wenn die einjährigen Knöllchen zu Beginn der Vegetationsperiode in gute, etwas sandige Erde eingesetzt und im Kalthause gehalten werden, so bildet jeder Sproß[1] zunächst 1 bis 2 scheidenförmige Niederblätter[2] und einige wenige, meist 3, länglich lanzettlich geformte Laubblätter. Während der folgenden Jahre treten an den neu gebildeten Assimilationsorganen an ihrer Basis rechts und links Auswüchse auf, sodaß die Blattgestalt als »pfeilförmig« bezeichnet werden muß. Diese wie auch alle in der Folge gebildeten Lappen werden von einem deutlich ausgeprägten Gefäßbündel in der Mitte durchzogen. Das nächste Entwicklungsstadium zeigt eine Teilung des erstgebildeten seitlichen Blattabschnittes, beziehungsweise das Auftreten eines neuen Lappens ganz in der Nähe der Übergangsstelle der Lamina in den Blattstiel. Merkwürdigerweise ist die Wachstumsrichtung dieses jüngsten Lappens eine durchaus andere wie die des ganzen Pfeilblattes; während dasselbe die gewöhnliche charakteristische fixe Lichtlage einnimmt, wächst der neu hinzu gekommene Zipfel wohl infolge einer geotropischen Umstimmung der Leitungsbahnen oder vielleicht auch wegen Spannungsverhältnisse mehr weniger negativ geotropisch aufwärts unter gleichzeitiger Drehung (in der schon früher angegebenen Richtung) von etwas mehr als 90° und weniger als 180°. Infolge der geringen Ausbildung von mechanischen Elementen neigen die Enden der Blattlappen auf die jenseits gegenüberliegende Blatthälfte hinüber, wie die beifolgende Figur zeigt.

An älteren Blättern entsteht neuerdings, gewöhnlich in der Mitte der Länge des jüngst gebildeten Lappens, ein weiterer Zipfel, und zwar, ebenso wie alle in der Folge sich bildenden, auf jener Seite, die, morphologisch genommen, dem Zentrum der Abstammungsachse zunächst liegt. Derselbe wächst zunächst, wie der im Vorjahre zur Entwicklung gekommene, negativ geotropisch weiter und neigt, sobald er seine definitive Länge erreicht hat, über, während der mütterliche Lappen in seinem oberen Ende zur Seite gedrängt wird.

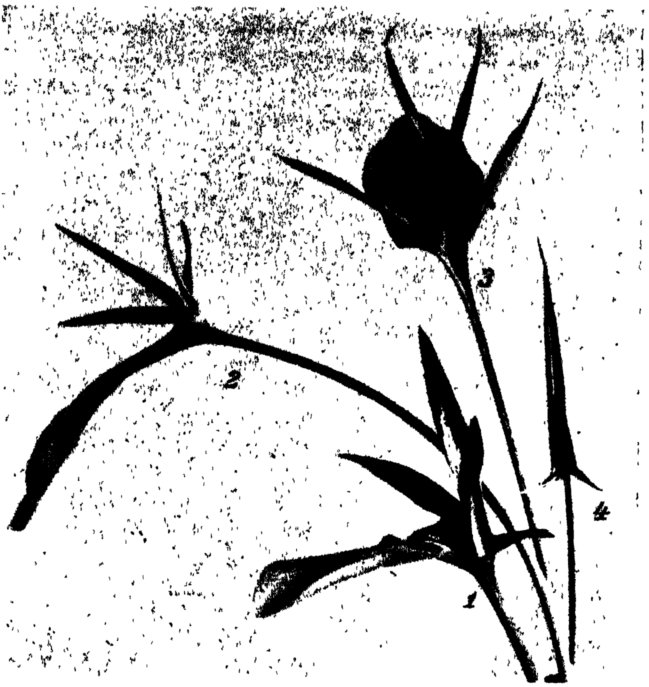
Dieser nimmt dann eine annähernd horizontale, dem Lichte gegenüber ihm zusagende Stellung ein. So schreitet die Ausbildung des Blattes vorwärts unter Beibehaltung der einmal eingeschlagenen Richtung und Drehung. An meinen beiden Mutterpflanzen, über deren Alter ich nichts sagen kann, da ich sie seinerzeit aus dem Auslande käuflich erworben habe, beobachtete ich an einem Blatte bis zu 5 Zipfel, während Goebel ein solches mit 7 Zipfeln abbildet. Wie wir gesehen haben, handelt es sich also hier in der Tat um eine ausgesprochen sympodiale Entwicklung eines Blattes.

---

[1] Manchmal geschieht es, daß die Knollchen, insbesondere schwächliche, erst im 2. Jahre austreiben.

[2] Solche treten stets auch an älteren Individuen auf. Bei diesen sind an den Niederblättern öfters Rudimente einer Blattspreite, gewöhnlich einer pfeilförmigen, nur etliche Millimeter lang, zu beobachten.

Engler[1] bemerkt auch schon bei der kurzen Beschreibung der Blätter dieses Genus sowie auch von *Helicophyllum* und *Dracunculus* »Die Entwicklnng der neu hinzukommenden Glieder erfolgt immer erheblich später und langsamer als die der früheren«.



Die 4 Blätter einer fünfjährigen Pflanze. Das jüngste Blatt ist pfeilförmig gestaltet, die drei anderen, in der Reihenfolge der Zahlen entstanden, tragen je 2 Zipfel auf jeder Blatthälfte. (Auf 1/3 verkleinert.)

Ich möchte dem hinzufügen, daß die einzelnen Blattabschnitte schon in der frühesten Jugend angelegt werden, noch in der Knospenlage, die äußerst kompliziert ist und auf die hier nicht eingegangen werden soll.

Im Gegensatze zu Goebel[2] muß ich endlich erwähnen, daß in dem Aufbau der zentralen Achse der Wendeltreppe, von der die einzelnen Lappen ausladen, nicht nur »der verdickte äußere Rand der Basis der einzelnen Lappen«, sondern mindestens die ganze äußere Hälfte der Lappenbasis unter Inanspruchnahme der Gefäßbündel dieser beteiligt ist.

---

[1] Vgl. Engler: *Araceae* in den nat. Pflanzenfamilien, p. 104.

[2] Gaebel: Organographie, I. Auflage, p. 520.

Gelegentlich kommt es auch vor, daß die beiden Hälften ein und desselben Blattes untereinander asymmetrisch sind und zwar in den verschiedensten Altersstadien eines Exemplars. Ich konnte z. B. beobachten, daß die eine Blatthälfte länglich-lanzettlich, die andere hingegen pfeilförmig, oder daß die eine Blatthälfte, wie eben erwähnt, geformt war, während die andere bereits einen Lappen trug, der negativ geotropisch aufwärts wuchs. Auch typische Wendeltreppenblätter weisen oftmals derartige Asymmetrieverhältnisse auf, so zwar, daß an der einen Blatthälfte 1, manchmal sogar 2 Lappen mehr ausgebildet sind wie an der anderen. Hand in Hand damit tritt naturgemäß eine ungleiche Anzahl der Windungen in den betreffenden Längshälften auf.

Von meinen Versuchen, die Ursachen für das Zustandekommen der wendeltreppenartig gewundenen Fortsätze zu ergründen, möchte ich nur erwähnen, daß das Licht hierbei direkt keine Rolle spielt. Denn im Dunkeln aus Knollen herangezogene Exemplare zeigten auch Andeutungen von Torsionen der Blattlappen; die Lamina kam niemals zur vollen, normalen Entfaltung und war stets erheblich kleiner als an Lichtpflanzen. Auffälligerweise wiesen die Blattstiele eine bedeutende Überverlängerung auf im Vergleiche zu normal kultivierten Pflanzen; der hier beobachtete Typus des Etiolements stimmt demnach mit dem für die Dicotyledonen eigentümlichen überein.[1] Meiner Meinung nach wird die merkwürdige Blattgestalt durch innere, im Wesen der Pflanze gelegene Momente begründet sein; es handelt sich also um eine inhärente Erscheinnng, die wir einstweilen nur biologisch deuten können.[2]

II. Über die Zahl der während einer Vegetationsperiode gebildeten Blätter.

Engler[3] erwähnt, daß ein jeder Sproß meist 3 Laubblätter trägt (für *Helicophyllum* werden 4 angegeben). Soweit meine Beobachtungen reichen, trifft dies nur für jugendliche Pflanzen zu; an älteren (9jährigen), kräftigen Exemplaren konnte ich nicht selten 5 zählen und an noch älteren sogar bis zu 7. Die letztgemachte Angabe bezieht sich auf die beiden Mutterpflanzen meiner Kulturen.

---

[1] Wiesner. Photometrische Untersuchungen auf pflanzenphysiolog. Gebiete, I. Abhandlg. Orientierende Versuche uber den Einfluß der sg. chem. Lichtintensität auf den Gestaltungsprozeß der Pflanzenorgane. Sitzungsber. der kais Akad. d. Wiss. in Wien, mathem.-naturw. Klasse, Bd. 102, Abh. I (1893), p. 50.

[2] Goebel: l. c., p. 521.

[3] Engler· Vergleichende Untersuchungen über die morphologischen Verhältnisse der Araceen, l. c.

III. Die Beziehungen zwischen dem Alter der Blätter und deren Gestalt.

Vorerst muß gesagt werden, daß der Begriff »Alter« in zweifacher Hinsicht zu nehmen ist, wenn die Gestaltung der Blätter in Abhängigkeit von ihm besprochen werden soll. Es ergeben sich nämlich nicht nur Gesetzmäßigkeiten in der Entwicklung sämtlicher Assimilationsorgane während einer Vegetationsperiode, sondern auch im Laufe der Ontogenese der Pflanze. Wenden wir uns zunächst den ersterwähnten Verhältnissen zu.

Die Beobachtung zahlreicher Exemplare hat gezeigt, daß entweder alle während eines Jahres gebildeten Blätter dieselbe Gestalt aufweisen oder eine untereinander verschiedene. Jenes trifft, soweit ich gesehen, nur für jugendliche Pflanzen[1] zu. Für gewöhnlich sind die Blätter solcher durchaus länglichlanzettlich oder nur ausnahmsweise pfeilförmig gestaltet.

Dieses hingegen beobachtet man an älteren Pflanzen, und zwar ist die Ausgestaltung der Lamina entweder eine fortschreitende, bei welcher sie schließlich stehen bleibt,[2] oder zuerst eine fortschreitende, bis zu einem gewissen Höhepunkte, und dann eine rückschreitende. Es treten also hier ganz analoge Verhältnisse zutage; wie sie z. B. für die Größenausbildung der Blätter gewisser sommergrüner Laubhölzer typisch sind.

Des Raummangels halber kann ich an dieser Stelle nicht alle meine Aufzeichnungen wiedergeben und möchte deshalb nur durch je ein Beispiel das Gesagte erläutern.

An einer älteren Pflanze mit 5 Blättern waren die 3 jüngsten pfeilförmig, die 2 letzt gebildeten hingegen typische Wendeltreppenblätter mit je einem Lappen auf jeder Blatthälfte. Eine der Mutterpflanzen bildete im Laufe eines Jahres 7 Blätter aus. Das jüngste Blatt besaß 2 Lappen, die 3 nächstfolgenden je 3 und das jüngste wieder nur 2 Lappen.[3] Hand in Hand mit dieser Gestaltung war die Anzahl der spiraligen Windungen bei den nacheinander gebildeten Blättern naturgemäß eine verschiedene.

Wenn wir nun bei den Pflanzen der verschieden alten Jahrgänge nachsehen, wann, d. h. in welchem Alter die eingangs beschriebenen Blattformen auftreten, so ergibt es sich, daß die länglichlanzettlichen Blätter normalerweise an 1- bis 2jährigen Exemplaren und nur ganz ausnahmsweise auch pfeilförmige Blätter (in 3 unter 27 Fällen) gebildet wurden. 3- bis 4jährige Individuen tragen regelmäßig neben länglich-lanzettlichen Blättern auch pfeilförmige Assimilationsorgane oder auch nur letztere allein. Erst bei einer 5jährigen Pflanze trat einmal eine Teilung desjenigen Lappens auf, der das Blatt pfeilförmig gestaltet hatte (siehe die Figur auf p. 237). Eine weitere Gabelung des ersten sich negativ geotropisch auftretenden Lappens war bei einem 7jährigen Gewächs zu verzeichnen und meine 8- bis 9jährigen Individuen weisen ebensowenig eine weitere Ausgestaltung der Blätter auf. Aus diesen Beobachtungen erhellt wohl zur Genüge, daß Pflanzen, deren Blätter 6 Zipfel auf dem pfeilförmigen Blatte tragen, schon recht alt sein müssen, natürlich unter der Voraussetzung, daß die Kulturbedingungen, die ich meinen Pflanzen geben konnte, ähnlich gewesen sind denen, unter welchen unsere Art in der freien Natur gedeiht. Es kommt aber auch vor, daß Pflanzen, die schon während einer Vegetationsperiode verhältnismäßig reich ausgestaltete Blätter tragen, in dem darauffolgenden Jahre, wahrscheinlich infolge innerer Ursachen oder auch wegen ungünstiger Wachstumsverhältnisse, zu einer einfacheren Blattform zurückschlagen, also Rückschlagserscheinungen aufweisen.

---

[1] Sehr selten ist ein derartiges Vorkommnis bei älteren Pflanzen. In einem Falle hatte eine solche 5 Blätter entwickelt, von welchen ein jedes mit 3 Lappen versehen war.

[2] An einer sehr kräftigen, einjährigen Pflanze habe ich auch ausnahmsweise einmal) gesehen, daß das 1. Blatt länglich-lanzettlich, das 2. und 3. (das letztgebildete) pfeilförmig gestaltet war.

[3] Auf jeder Blattseite.

Ich habe schon eingangs erwähnt, daß meiner Meinung nach für das Genus *Helicophyllum* ganz ähnliche Wachstumsverhältnisse der Blätter vorliegen werden wie für das Genus *Helicodiceros*. Meine Ansicht gründet sich auf eine Bemerkung Engler's betreffs *H. Rauwolffii* Schott. Er[2] sagt hinsichtlich derselben: »In der Zahl der seitlichen Blattabschnitte sehr variabel.« Engler hat eben viele und zwar verschieden alte Exemplare zu Gesicht bekommen!

Auch für den Phytopaläontologen wird diese eigentümliche Formgestaltung der Blätter mit zunehmendem Alter von Interesse sein. Sie erinnert mich lebhaft an die Ausbildung der Enden an den Geweihen gewisser *Cerviden*. Bei unserem Edelhirsch z. B. wird normalerweise an jeder Stange jedes Jahr bis zu einem gewissen Alter ein weiteres Ende angelegt. Häufig kommt es vor, daß die Anzahl der Geweihenden infolge ungünstiger Ernährungsverhältnisse oder auch anderer Faktoren geringer ist als dem Hirsche wegen seines Alters gebühren sollte. Man sagt dann. der Hirch hat zurückgesetzt. Wie wir gesehen haben, kommt auch diese Erscheinung unter Umständen bei den Wendeltreppenblättern zur Geltung.

Zum Schlusse sei noch erwähnt, daß selbst meine 9jährigen Pflanzen sowie auch die jüngeren niemals eine Blüte ansetzten. Wann also die Knollen das Alter der Blühreife erlangen, ob dieses durch die Potenz der Pflanze, sich rein vegetativ zu vermehren, korrelativ beeinflußt wird, sowie auch die Frage, wie viele Lappen auf den Wendeltreppenblättern im Höchstausmaße gebildet werden können, müssen erst weitere Beobachtungen lehren.

---

[1] Vgl. Gaebel: Organographie, l. c., p. 520.

[2] Engler: *Araceae* in Engler und Prantl's nat Pflanzenfamilien, p. 149.

Zusammenfassung.

1. Die Jugendform der Assimilationsorgane von *H. muscivorus* Engl. geht auch hier, wie bei so vielen Aroideen, nicht plötzlich, sondern allmählich in die Folgeform über. Diese zeigt auffälligerweise selbst eine gesetzmäßige Weiterentwicklung.

2. Die Blätter an 1- bis 2jährigen Exemplaren sind länglich-lanzettlich, an 3- bis 4jährigen pfeilförmig gestaltet. Erst an 5jährigen Pflanzen tritt an demjenigen Lappen, der das Blatt zu einem pfeilförmigen gemacht hatte, ein neuer auf. Dieser zeigt im Vergleiche zu dem vorher gebildeten eine Änderung hinsichtlich seiner Wachstumsrichtung, die schließlich zur Ausgestaltung des Wendeltreppenblattes führt. Ein weiterer Zipfel kommt gewöhnlich erst im Verlaufe der nächsten 2 bis 4 Jahre zur Entwicklung.

3. Die Zahl der an einer Pflanze überhaupt gebildeten Blätter ist meistens 3 bei jugendlichen Individuen, bei älteren 5 bis 7 (durchschnittlich).

4. Sämtliche Blätter ein und desselben Exemplares, und zwar in den verschiedensten Altersstadien, sind entweder gleich oder ungleich geformt. Im letzteren Falle macht sich an den erst gebildeten Blättern (den ältesten) eine einfachere Gestalt bemerkbar als an den zuletzt auftretenden (den jüngsten). Manchmal geschieht es aber auch, daß die nacheinander gebildeten Assimilationsorgane sich bis zu einem gewissen Höhepunkte entwickeln und von da ab wieder zu einer einfacheren Form zurückkehren.

5. Rückschlagserscheinungen hinsichtlich der Formgestaltung der Blätter wurden an einzelnen Exemplaren und zwar der verschieden alten Jahrgänge wahrgenommen.

6. Die Gestalt der Wendeltreppenblätter wird durch das Licht direkt nicht verursacht.

Gedruckt auf Kosten des Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Geomorphologische Beobachtungen in den Gurktaler Alpen

Von

Dr. Andreas Aigner in Bruck a. d. Mur

Vorgelegt in der Sitzung am 23. März 1922

Die Gebirgsgruppe der Gurktaler Alpen wird im Westen begrenzt durch das Tal der Lieser, im Norden durch die Mur, im Süden durch die Drau und die Linie Villach—Ossiacher See—Glantal—St. Veit, im Osten durch das Krappfeld, das Olsa-Metnitztal und endlich durch die Senke von Neumarkt.[1] Mit dieser Umgrenzung nehmen die Gurktaler Alpen innerhalb der Zentralalpen eine auffällige Stellung ein. Im Westen brechen die Hohen Tauern plötzlich ab an einer Linie, der Katschberglinie, deren Bedeutung für das Gefüge der Zentralalpen Geyer (1) nachgewiesen hat. Im Norden werden sie von den höher aufragenden Niederen Tauern durch den westlichen Teil des von Böhm (2) Tamsweg-Seckauer Höhenzug, von Penck (3) Murberge genannten Bergzuges geschieden, ebenso schiebt sich im Osten zwischen unsere Gebirgsgruppe und die Seetaler Alpen ein niedrigerer Bergzug ein (zwischen Olsa-Metnitz und Görtschitz, Waldkogelzug nach v. Böhm). Im Südwesten grenzen sie an den Drauzug und im Südosten an das Senkungsgebiet des Klagenfurter Beckens.

So werden die Gurktaler Alpen durchwegs von höheren Teilen der Zentralalpen umgeben, im Westen von den Hohen Tauern, im Norden von den Niederen Tauern, und da die Kammhöhe in unserer Gruppe gegen Osten wesentlich abnimmt, werden sie hier auch von dem Zuge der Seetaler- und Saualpen überragt.

Die Gurktaler Alpen besitzen im Eisenhut mit 2441 *m* ihre höchste Erhebung und wir finden nur im westlichen höheren Teile noch zahlreiche Gipfel mit Höhen zwischen 2300 und 2400 *m*. Dagegen tritt gegen Nordwesten, vor allem aber gegen Südwesten und Nordosten eine Herabdrückung der Gipfelhöhen auf 2100 und 2000 *m* ein; gegen Südosten beobachten wir ein stufenweises Absinken den Kammhöhen auf 1300 und 1200 *m*. Dieser geringeren Höhe entspricht auch ein auffälliger morphologischer Gegensatz zu den Hohen und Niederen Tauern. Wie schon Krebs (4) und andere hervorgehoben haben, überwiegen die gerundeten Kammformen und nur im höheren Teile der Gruppe spielen glaziale Formen mit Karen eine größere Rolle.

---

[1] Siehe Spez. K. Blätter 5151—53, 5251—53 u. 5351—53 und die Blätter Hofgastein und Klagenfurt der Generalkarte (1 : 200.000).

Die geologische Erforschung des Gebietes hat noch beträchtliche Lücken offen gelassen, genauer durchforscht ist nnr der nördliche Teil (für diesen Teil sei besonders auf die zusammenfassende Darstellung bei Heritsch (5) verwiesen). Die Basis, der die Gruppe aufbauenden Gesteine, bilden Granatglimmerschiefer, die im Bundschuhgebiete eine Gneismasse umhüllen. Darauf liegen dann die paläozoischen Schichten der sogenannten Murauer Phyllitmulde und das Carbon der Stangalpe. Die Ausdehnung der ersteren gegen Süden ist noch recht wenig bekannt. Diener (6) erwähnt, daß das aus dem Neogen des ·Klagenfurter Beckens aufragende Grundgebirge Phyllit und Bänderkalke zeige, die den Gesteinen der Murauer Phyllitmulde sehr ähnlich sind, und aus einzelnen Mitteilungen von Canaval (7) geht hervor, daß im südlichen Teile der Gurktaler Alpen solche Gesteine Verbreitung besitzen. Wir sind also über den geologischen Bau unseres Gebietes noch nicht hinreichend unterrichtet. Die Einförmigkeit der Oberflächengestaltung läßt wohl weniger auf einen einförmigen Bau, als auf wenig hervortretende petrographische Verschiedenheiten der Gesteine schließen. In dieser Hinsicht treten eigentlich nur an einzelnen Stellen Kalke der Murauer Phyllitmulde und dann die Kalke, Dolomite und Konglomerate der Carbonscholle Stangalpe aus der sonstigen Einförmigkeit heraus, indem sie öfters Ursache zur Bildung schroffer Oberflächenformen werden.

Die Oberflächengestaltung unserer Gebirgsgruppe ist bisher noch nicht eingehend behandelt worden. Das Auftreten der glazialen Formen inmitten der sonst gerundeten Kämme, ist schon von Richter (8), dann von Penck und Krebs hervorgehoben worden. Letzterer betont den Mangel fortlaufender Kämme und spricht von der Gliederung des Gebirges nach zwei Liniensystemen (W—O und NW—SO).

Das Zurücktreten der glazialen Formen, worin dieses Gebirge an die Seetaler Alpen oder an die Koralpe erinnert, läßt hier den Versuch, die vorglaziale Oberflächenentwicklung einer Untersuchung zu unterziehen, besonders aussichtsreich erscheinen. Diesem Gegenstande sind die vorliegenden Studien gewidmet.

Es sollen nun im folgenden die einzelnen Teile der Gurktaler Alpen größtenteils auf Grund eigener Beobachtungen, zum Teil aber nur auf Grund des Studiums der Spezialkarte beschrieben werden. Da die ungleiche Höhe der einzelnen Teile auch eine verschiedene Oberflächengestaltung bedingt, sollen zuerst die höchsten Teile, dann die randlichen Teile im Nordwesten, Südwesten und Nordosten behandelt werden. Die gegen Südosten absinkenden Teile stellen bis zu einem gewissen Grade ein selbständiges Gebiet dar und werden daher auch getrennt besprochen werden.

Die innere, höchste Zone des Gebirges.

Die Verfolgung der Gipfelhöhen läßt in der westlichen Hälfte des Gebirges eine annähernd ovale Zone mit Gipfelhöhen von 2250 bis über 2400 *m* erkennen. Sie läßt sich ungefähr umgrenzen durch folgende Linie: Preßingberg (2364), Gr. Rosennock (2434), Moschlitzen (2305), Beretthöhe (2377) und Lattersteighöhe (2261), dann gegen Nord und Nordwest über Wintertalernock (2401) und Eisenhut (2441) zum Kilnprein (2410), von hier in einem leicht geschwungenen Bogen über den Mißlitzer Königstuhl (2253) wieder zurück zum Preßingberg. Eine nähere Betrachtung verdient die Begrenzung im Nordosten. Von der Lattersteighöhe senkt sich der Kamm gegen Osten zuerst nur langsam, dann aber von der Haidnerhöhe rascher zur breiten Einsenkung der Flattnitz (rund 1400 *m*), jenseits deren die Höhen durchwegs geringer sind. Von der Flattnitz nordwestlich sehen wir eine ähnliche aber weniger breite und tiefe Einsenkung nördlich des Wintertalernocks. Die tiefste Selle ist der talartige Paß am Wildanger mit wenig über 1700 *m* Höhe (1716). Nördlich davon erhebt sich der Kamm noch auf rund 2200 *m*.

Innerhalb dieses höchsten Gebirgsteiles fällt zwischen dem Preßingberg und dem Karlnock (2331, gewöhnlich Königstuhl genannt) ein Kammstück mit geringeren Gipfelhöhen auf. Außerdem finden sich einige tiefere Einsenkungen, deren wichtigste die Turracher Höhe ist. Es ist dies eine zwischen dem Rinsenock (2328) und dem Schoberriegel (2204) ungefähr $3^1/_2$ *km* breite Einsenkung im Gebirgskamm; die tiefste Stelle, der Paß selbst, ist darin als talartige Rinne mit stark glazialer Ausgestaltung eingetieft. Ähnliche talartige Furchen finden sich östlich des Preßingbergs in ungefähr 1900 *m* Höhe und dann im Gebiete des Rosennocks. Hier führt der oberste Köflachgraben als glazial geformtes Hochtal in einer Höhe von über 2000 *m* (Ochsenstand 2020) auf eine Hochfläche, von der sich gegen Nordost ein steiles Erosionstal zur Hofalpe hinabsenkt. Diese Hochfläche ist zum Teil im Glimmerschiefer, zum Teil im Kalk ausgebildet, ihre Form steht aber in keinem Zusammenhang mit den Schichtfalten des Kalkes. Sie erhebt sich gegen Ost auf fast 2200 *m* (Kote 2170). Hier bricht gegen Ost der Kalk in Wänden zu einer schmalen Furche ab, die von Nord nach Süd durch das Gebirge führt. Breiter als diese ist der Durchgang zwischen Pfannock und Mallnock; es ist eine etwas über 2000 *m* hoch gelegene Einsenkung mit glazialer Ausgestaltung.

Dieser höchste Teil der Gurktaler Alpen bildet den anderen Teilen gegenüber eine morphologische Einheit. Hier allein treten ausgesprochene Karlinge auf. Der Kamm von der Moschlitzen zum Karlnock und von hier gegen Nordost zum Kilnprein zeigt die meisten Kare, die hier meist symmetrisch entwickelt sind; nur einzelne Berge, wie z. B. der Karlnock mit seiner gleichmäßigen Abdachung gegen Südwest sind hier asymmetrische Karlinge. Solche sind außerdem die Moschlitzen, der Gr. und Kl. Rosennock, der Preßingberg, im Nordosten der Wintertalernock und der Eisenhut. Am Kilnprein fehlen typische Kare; wir sehen nur glazial umgestaltete, in ihrer Anlage vorglaziale Mulden. Diese asymmetrischen Karlinge erlauben uns, die vorglaziale Gestalt des Gebirges zu erkennen.

Wir beginnen mit der Moschlitzen. Im Kamm von hier zum Falkertköpfl sehen wir schöne Kare an der Ostseite, weniger ausgeprägte an der Westseite, während sie an der Südabdachung der Moschlitzen fehlen. Der Kamm selbst, an einzelnen Stellen stark verschmälert, ist meist ein breiter Rücken, besonders gegen Südost in seiner Absenkung zur Kote 2197. Vom Falkertköpfl zieht gegen Ost ein Rücken zum Fadenberg, mit seiner fast horizontalen Kammlinie. Zwischen diesem und dem südöstlichen Seitenrücken der Moschlitzen liegt eine weite, flache, im einzelnen glazial ausgestaltete Mulde, an die sich nach oben Kare anschließen; sie wird von einem zur Gurk abfließenden Bach zerschnitten. Wir sehen so an der Ostseite des Kammes eine breite Vorstufe in einer Höhe zwischen 1900 und 2000 *m*. In diese Höhe fällt im südwestlichen Seitenrücken der Moschlitzen Kote 1988. Denkt man sich die Kare weg, so ergibt sich als vorglaziale Form eine breite Erhebung mit stark zugerundetem Kamm, flacher Abdachung gegen Ost, etwas steileren Gehängen gegen Süd und West.

Weiter im Westen sehen wir an dem Kamme, der mit der Erhebung des Priedröf (1939) endet, von einzelnen unbedeutenden Einsenkungen abgesehen, einen fast söhligen Verlauf. Ähnlich ist der nächst westliche Kamm, der vom Gridelegg (1888) zum Großen Rosennock zieht. Er erreicht bei der Kote 1999 eine ansehnliche Breite, steigt hier nur sehr allmählich an, um sich erst von ungefähr 2100 *m* an mit gleichmäßig steiler Neigung zum Gr. Rosennock zu erheben. Er verschmälert sich nach oben und die Schuttbedeckung wird aufwärts dünner, so daß am Gipfel der Fels zutage tritt. Ähnlich sind auch die südwestlichen Seitenrücken. Sie vereinigen sich im schmalen Gipfelrücken, der als abgestumpfte Schneide erscheint. Zwischen diesen Seitenrücken liegen flache Mulden, vorglaziale Formen, von der Vergletscherung wenig beeinflußt. Gegen Ost und Nord fällt der Berg aber in steilen Karwänden ab, mit Graten dazwischen. Ähnlich ist die Ausgestaltung des Kl. Rosennocks, der gegen Ost eine breite und flache Abdachung besitzt.

Nördlich vom Rosennock zwischen Leobengraben und Kremsgraben erhebt sich auf breiter Grundlage der Preßingberg (2304). Seine Nordabdachung ist zu vergleichen mit der Ostabdachung der Moschlitzen. Die gegen Nord ziehenden Kämme laufen aus auf eine breite Vorstufe, die sich fast bis zu 3 *km* gegen Nord erstreckt (s. Schulter mit den Koten 2055 und 2050). In dieser Vorstufe sind wieder flache Mulden eingetieft, die nach unten in steile Gräben, nach oben in Kare übergehen. Ihr entspricht im Westkamm der breite und söhlige verlaufende Rücken der Bodenlucke (2021). Beide Formen schließen sich zusammen zu einer ausgedehnten Ebenheit, die auch auf der Südabdachung des Preßingberges angedeutet erscheint. Von diesem zieht nämlich zwischen zwei Mulden ein breiter Rücken gegen Südost (Preßingbergalm); bis ungefähr 2000 *m* senkt er sich mit ziemlich geringer Neigung, während weiter abwärts steilere Gehänge folgen. Der Preßingberg erhebt sich also aus einer ihn im Norden, Westen und Süden umschließenden Ebenheit mit mäßig ansteigendem Rücken um wenig mehr als 300 *m*. Die Kämme gegen West und Ost zeigen keinen ganz gleichmäßigen Anstieg, sondern einzelne Stufen. Steiler sind die Gehänge gegen die genannten Mulden, noch steiler die Karwände.

Eine ähnliche Formentwicklung besitzen der Eisenhut und der Wintertalernock (Turrach SO). Es sind asymmetrische Karlinge; die Südwest- und Südabdachungen sind karfrei. Diese zeigen herab bis ungefähr 1900 *m* geringere Neigung als weiter abwärts zu den Tälern. Eine Gliederung dieser oberen Gehänge ist gegeben durch breite Mulden, deren rückwärtige Gehänge etwas steiler sind. Ich halte sie ebenso wie die früher besprochenen Mulden als vorglaziale Bildungen, wenn auch glaziale Beeinflußung der Formen im einzelnen besteht. Als Begrenzung dieser Mulden sehen wir breite Rücken, die sich mit gleichmäßiger Neigung zum Hauptkamm erheben. Dieser zeigt am Wintertalernock (besonders vom Gipfel gegen Nordost) einen breiten Rücken, ebenso am Sattel bei Kote 2248, während am Eisenhut der Kamm durchaus schmäler ist, ja zum Teil infolge des Rückschreitens der Karwände den Charakter einer Schneide annimmt.

Im Kamme westlich des Turracher Grabens ragt besonders der Kilnprein hervor. Vom Gipfel zieht ein Kamm gegen Südost, der nach Ost biegend, sich bis zum Geiger (1999) stark verflacht und verbreitert. Es ist eine in der Landschaft besonders auffällige Form, der im Ostkamm des Vorderhüttennocks eine ähnliche, wenn auch weniger ausgeprägte Form entspricht. Zwischen beiden liegt eine weite, flache Mulde, deren Rückgehänge einer Karrückwand ähnlich ist und deren Boden auch im einzelnen glaziale Gestaltung zeigt; der Mulde im ganzen können wir aber eben so wenig wie jenen an der Moschlitzen oder am Preßingberg glaziale Entstehung zuschreiben, sondern müssen sie als vorglaziale, in der Eiszeit umgestaltete Formen betrachten. Ganz ähnlich ist die große Mulde der Rosetinalpe südlich des Kilnprein, nur daß hier die glaziale Umgestaltung noch weniger hervortritt. Wir sehen also hier an der Südostflanke des Kilnprein ähnliche Formen wie an der Ostseite der Moschlitzen, wieder die Reste einer in rund 2000 *m* liegenden Ebenheit mit darin eingetieften Mulden. Darüber erhebt sich der Gipfel als verhältnismäßig steile (gegenüber den sonst hier auftretenden Formen) Pyramide um rund 400 *m*. Die einzelnen Kanten, auch die gegen Südwest, zwischen denen wieder kleinere seichte Mulden eingebettet sind, sind durchwegs schmäler und steiler, als wir sie sonst gefunden haben.

Die Mulde der Rosetinalpe setzt sich gegen Südwest in den Flächen der Werchzirmalm fort. Die Rückgehänge gegen den Kamm des Reißeck (2301), Frauennock (2261) und Mühlbachernock (2260) zeigen ebenso wie die nordwestlichen Gehänge dieses Kammes den Charakter von Karrückwänden; die Flächen der Werchzirmalpe fassen wir aber als eine den Mulden am Kilngrein analoge Form auf — Der Kamm vom Mühlbachernock gegen Norden zeigt schon geringere Höhen und eine merkliche Abflachung. Nur einzelne Gipfel erheben sich als flache Pyramiden mit mehr oder weniger breiten Rücken zwischen stark verbreiterten Sätteln, an denen durchwegs die Spuren der glazialen Überfließung deutlich zu erkennen sind. Die Kare sind weniger tief und zeigen flachere, stärker mit Schutt bedeckte Gehänge. — Im Kamm vom Mühlbachernock gegen Süd treten die vorglazialen Formen mehr zurück; die meisten Berge sind symmetrische Karlinge. Das Südwestgehänge des Karlnock mit seiner Gefällszunahme gegen den Graben des Karlbachs und seiner Abflachung gegen den Kamm ist als vorglaziale Form zu deuten. Im Talschluß des Leobengrabens beobachten wir lebhaftere Oberflächenformen, die durch den schon eingangs erwähnten stärkeren Gesteinswechsel bedingt sind.

Wir haben also in dem bisher behandelten Teile der Gurktaler Alpen zum Teil sehr ausgedehnte Ebenheiten in einer Höhe von rund 2000 *m* kennen gelernt. Sie ergaben sich zum Teil aus deutlichen Vorstufen der Kämme, zum Teil lassen sie sich aus breiten Rücken mit söhligem Kammverlauf wieder herstellen. Wollten wir für solche Rücken einen einheitlichen Ausdruck gebrauchen, so könnten wir für solche Formen kürzerer Erstreckung den von Sölch (9) eingeführten Ausdruck »Eck« anwenden, während für solche Rücken von größerer Ausdehnung der von Klebelsberg (10) gebrauchte Ausdruck »Auslaufrücken« besser passen dürfte. Über den Ebenheiten erheben sich die Kämme meist als ziemlich flache Prismen, deren Gehänge sich in einem stumpfen Winkel schneiden. Die Kämme sind meist breite Rücken, zum Teil erscheinen sie als abgestumpfte Schneiden, nur stellenweise haben sie zwischen den Karen den Charakter von Graten angenommen. Die Gehänge und Ebenheiten erscheinen durch Mulden gegliedert, die zwar im einzelnen oft glaziale Wirkungen zeigen, im ganzen aber unzweifelhaft als vorglaziale Formen zu betrachten sind.

Die randlichen Gebirgsteile im Nordwesten.

Nordwestlich des bisher besprochenen Gebietes finden wir einen Gebirgsteil von ziemlich einheitlicher Gestalt, dessen Mittelpunkt, die breite Erhebung der Schwarzwand (2212), besonders auffällt. Der Kamm verbreitert sich hier zu einer Platte von 2 *km* west-östlicher und $1^1/_2$ *km* nord-südlicher Erstreckung, aus der sich einige Kuppen ganz flach erheben. Daß dieser Berg noch vom Eise überflossen war, in die Flanke dieses Rundlings aber Kare eingesenkt sind, habe ich an anderer Stelle beschrieben (11). Von dieser breiten Masse senken sich die Kämme nach Ost und West. Zwischen dem Kramerbühel (2017) und dem Aineck (2208) sehen wir breite Rücken, deren Höhen sich zwischen 1800 und 1900 *m* bewegen. Nur an der Lausnitzhöhe liegt eine breite Fläche etwas unter 1700 *m*. Im einzelnen zeigt die Landschaft überall deutlich glaziale Gestaltung. Auffällig ist hier die Anordnung der Täler; der gegen Nordwest zum Bundschuhtal ziehende Blareitgraben und der nach Südwest zur Lieser ziehende Lausnitzgraben sind entgegengesetzt parallel; ihre Richtung entspricht annähernd dem Schichtstreichen. Die Wasserscheide beschreibt eine Zickzacklinie, indem sie an der Schöngelitzhöhe weiter gegen Nordost zurückweicht. Anscheinend hat die Lausnitz mit rascher rückschreitender Erosion hier die Wasserscheide so weit zurückgeschoben. Die Kämme dürften zwischen diesen Tälern stärker erniedrigt worden sein, als weiter östlich der Kamm zwischen den Tälern des Weißbaches und Feldbaches; er senkt sich von 2100 *m* im Lenzenbühel zum Wirtsnock auf 2000 *m*. Östlich des Feldtales erheben sich die Berge zunächst noch zu größeren Höhen. Nordöstlich des Hühnerleitnock (2171) setzt ein breiter Kamm mit Höhen zwischen 2000 (Fegendorferberg) und 1900 *m* ein.

Dieser Gebirgsteil im Bereich der Bundschuhtäler erscheint als ein ziemlich scharf individualisiertes Gebiet, von dem vorher beschriebenen Teile sich nicht nur durch die geringere Höhe, sondern auch durch größere Flachheit der Kämme unterscheidend. Während auf der Südseite gegen den Kremsgraben steilere Abhänge herrschen, die vielfach an die Südhänge des Preßingberg erinnern, sehen wir auf der Nordseite breite Kämme, die sich über die Täler hinweg zu einer sanft gegen Norden absinkenden Fläche vereinen lassen. Gegen Südwest zieht von der Schwarzwand der breite Auslaufrücken des Speiereck (2081), den wir wohl mit den Ebenheiten am Preßingberg parallelisieren dürfen. Es ist nun naheliegend, auch die Nordabdachung im Bundschuhgebiete als in dieses Niveau gehörig aufzufassen; nur scheint die ursprüngliche Ebenheit etwas tiefer gelegen gewesen zu sein. In diese Höhe fallen weiter im Osten, zwischen Mißlitz, Kendlbrucker- und Turrachergraben, die Auslaufrücken der Mißlitzalpe (Koten 1944 und 1969) und Hradofen (2002) und Kote 1965. — Diesen Auslaufrücken nördlich vorgelagert sehen wir noch einzelne Stufen, über deren Bedeutung bisher keine Klarheit gewonnen werden konnte; es sind das die Höhen der Schönalpe (1888), nordwestlich des Fegendorferbergs, nördlich der Mißlitzalpe, die Gstoßhöhe (1892) und nördlich des Hradofen Kote 1904.

In noch geringerer Höhe finden sich hier einzelne Rücken, für die sich aber eine unmittelbare Beziehung zu einigen hochgelegenen Talböden ergibt. Die Täler der Nordseite sind Kerbtäler, deren Gefälle deutlich nach rückwärts abnimmt. Dies sehen wir besonders am Mißlitzgraben, wo dem großen Gefälle der unteren Schlucht ein wesentlich geringeres im westlichen Quellast (Klölingtal) gegenüber steht. Die Steilgehänge der Schlucht werden talaufwärts immer niedriger, bis sie schließlich einem weiten Talboden Platz machen (zwischen 1900 und 2000 *m* gelegen), der sich am westlichen Gehänge in einer deutlichen Stufe gegen Nord fortsetzt (tiefere Stufe des Rainkares; der wirkliche Karboden liegt höher). Daß es sich in dem hohen Talboden des Klölingtales nicht um eine Form glazialer Entstehung handelt, zeigen vor allem die flachen Gehänge, mit denen sich die Berge ringsum von dem Talboden erheben. Zwischen den beiden Quelltälern des Mißlitzgrabens liegt nordlich der Kote 2000 ein breiter Rücken zwischen 1900 und 1800 *m* und nördlich davon der auffällige Rücken des Pircheck (1811). Es liegt nahe, diese Rücken mit dem Talboden von Klöling in Zusammenhang zu bringen. — Ob man im innersten Kendlbrucker Graben die Flächen der Hinteralpe auch als Reste eines solchen hohen Talbodens betrachten darf, was ich für wahrscheinlich halte, oder ob man diese Form rein glazial als Tragschultern auffassen muß, bedarf noch einer Untersuchung.

Der auffälligste Talboden ist erhalten im Tale des Feldbaches. Das Tal zeigt von der Vereinigung der Bundschuhtäler aufwärts bis 1600 *m* mäßigen Anstieg; von hier an erhebt sich der Talboden auf 7 bis 8 *km* Entfernung nur um 200 *m*. Der oberste Teil des Tales gehört heute durch den Kremsgraben dem Flußgebiete der Drau an. Der Kremsgraben ist viel tiefer eingeschnitten und der Bach hat rückschreitend das Feldtal angezapft; so entstand hier das tote Talstück des Schönfeldes. — Auch die beiden anderen Quelltäler von Bundschuh zeigen talaufwärts eine Verminderung ihres Gefälles; doch sind hier die Erscheinungen nicht so auffällig. Vielleicht ist es berechtigt, mit den alten hohen Talboden im Bundschuhgebiet den überaus breiten und flachen Rücken in Zusammenhang zu bringen, der sich von der Schöngelitzhöhe gegen Nordost erstreckt; er zeigt zwischen 1600 *m* und Kote 1647 eine sehr sanft ansteigende Kammlinie.

Auch im Turracher Graben finden sich Anzeichen eines solchen hohen Talbodens. Ich rechne hierher den Rücken, der vom Eisenhut nach Norden zieht und um 1700 *m* ziemlich breit ist und auf längere Erstreckung ziemlich gleiche Höhe bewahrt. Ähnlich ist die Gestaltung des Rückens von Steinturrach (Turrach SSW) mit Kote 1846. Inwieweit die Formen der Turracher Höhe auch hierher zu rechnen sind, müßte erst eine besondere Untersuchung ergeben, wie überhaupt der Turracher Graben in dieser Beziehung noch einer gründlicheren Durchforschung zu unterziehen wäre. Wenn wir hier im untersten Teile dieses Tales einen Talboden von 1800 *m* und darüber annehmen dürfen, liegt es nahe, die Mulden, die wir am Kilnprein und am Südwesthang des Eisenhut-Wintertalernock kennen gelernt haben, damit in Zusammenhang zu bringen.

Das Gebiet des Liesertales.

Westlich des Liesertales liegt noch eine Berggruppe, die morphologisch den Gurktaler Alpen zuzurechnen ist und die sich scharf von den Bergen des höheren Lieserkammes abhebt. Es ist das die südöstlich der Thorscharte liegende Gruppe, die im Stubeck mit 2365 *m* ihre höchste Erhebung besitzt. Vom Ochsenstand (2227) zweigt gegen SO ein Rücken ab mit sehr geringem Gefälle bis zum Mißeck (1834) und vom Kaareck (2214) einer, der im Burgstallberg (1871) endet. Zwischen diesen Rücken liegt eine weite flache Mulde, die sich scharf abhebt von den Steilhängen des von Osten her eingeschnittenen Grabens des Burgstallbaches. Die Formenentwicklung erinnert hier sehr an jene an der Ostseite der Moschlitzen. Wir haben wieder die Reste einer ausgedehnten Ebenheit und darin eine weite flache Mulde eingebettet. Der ganze Formenkomplex liegt hier zwar etwas tiefer als östlich der Lieser, z. B. am Preßingberg, doch ist seine Stellung zum Aufbau der Berge dieselbe, weshalb wir darin analoge Bildungen sehen müssen.

Zahlreich sind auch im Liesergebiet die Spuren höherer Talböden, doch reichen meine Beobachtungen nicht aus, um davon ein Bild zu gewinnen. Es sei nur darauf verwiesen, daß in den Kämmen zwischen den südöstlichen Seitentälern der Lieser (östlich von Gmünd) vielfach Stufen auftreten, die wohl sicher als Talbodenreste zu deuten sind. Auch in den innersten Talverzweigungen des Leobengrabens treffen wir öfters Formen, die so zu deuten sind, so an der Eisentalhöhe, dann im rund 1800 *m* hohen Rücken zwischen Karlbach und Stangbach (Karlnock SSW), dann wohl in den muldenförmigen Erweiterungen des obersten Stangbachgrabens und des Grundbaches; dahin dürften auch die sanften Gehängeflächen östlich der Kote 2204 (Plattnock NO) gehören. Mit dem obersten Talboden möchte ich auch hier, wie im Turracher Graben, die Mulden in Zusammenhang bringen, die wir auf der Nord- und Südseite des Preßingberg gefunden haben. Im Gebiete des Rosennocks wären hierher zu rechnen das Hochtal zwischen Gr. Rosennock und Saunock (oberster Köflachgraben).

Das Gebiet im Südwesten.

Südwestlich und südlich des mittleren höchsten Teiles der Gurktaler Alpen folgen Bergzüge von großer Einförmigkeit der Oberflächenformen und gegen Süd stark abnehmende Gipfelhöhe. Besonders auffällig ist die Anordnung in langen Kämmen, die durch rechtwinklig sich schneidende Längstalzüge voneinander getrennt erscheinen.

Annähernd von WSW gegen ONO ziehen einige auffällige Talungen. Die nördliche beginnt am südöstlichen Ende des Millstätter Sees, steigt gegen ONO über Radenthein und Kl. Kirchheim zu einer fast 1100 *m* hohen Talwasserscheide an, um sich dann zum Gurktal hinabzusenken. Parallel dazu ist die Talung zwiscnen Wöllanernock und Gerlitzen mit einer Talwasserscheide in 1041 *m*, von der nach W der Arriachbach, nach O der Teuchenbach abfließt. Eine kurze Furche der gleichen Richtung führt von Puch im Drautal über den Sattel mit Kote 645 nach Winklern im Afritztal. Der gleichen Richtung folgt, allerdings schon am Rande unseres Gebietes, die Furche des Ossiacher Sees und Glantales. Ungefähr senkrecht darauf sehen wir die Talung des Afritzbaches mit einer Talwasserscheide zwischen Brennsee und Afritzer See in 770 *m* und das NW—SO ziehende Stück des Gurktales unterhalb Pattergassen mit der südöstlichen Fortsetzung gegen Feldkirchen. — Über die Gestaltung der Kämme sollen hier nur einige Beobachtungen aus der Spezialkarte mitgeteilt werden, da mir hier nur vereinzelte Beobachtungen in der Natur zu Gebote stehen.

Vom Rosennock westlich liegt zunächst die Gruppe des Langennock (2104) und des Stilecks (2172). Hier sehen wir im Talschluß des Gamschitzgrabens flache Gehänge, die sich von den Kämmen bis ungefähr 1900 *m* herabsenken und dann nach unten von steilen Hängen abgelöst werden. — Von dieser Gruppe durch das Nörringtal und den tiefen Sattel mit Kote 1661 getrennt, folgt dann der Zug Tschiernock—Millstätter Alpe. Er ist ein langer, breiter Rücken mit auffällig gleichen Gipfelhöhen und sehr flachen Sätteln dazwischen. Vom Tschiernock gegen N zieht ein langer Auslaufrücken, in dem die Höhe mit Kote 1816 hervortritt. Im SO zweigen von Kote 2054 zwei Rücken ab mit Höhen zwischen 1800 und 1900 *m* (s. Kote 1882 und 1878). Eine weitere Absenkung des Kammes haben wir im Matzelsdorfer Berg mit Kote 1615. Von der Westseite seien die Rücken des Schlafkogel mit Kote 1670 und des Tschierweger Nock mit Kote 1711 genannt. — Der Zug des Mirnock zeigt gegen SO ein stufenweises Absinken. Der höchste Teil ist der Rücken Mirnock (2104) — Rindernock (2015), dann folgt die Tragenwinkler Alpe mit Kote 1896, dann die Stufe der Amberger Alpe mit Kote 1831.

Südlich des west-östlichen Talzuges von Kl. Kirchheim erhebt sich der Wöllaner Nock (2139). Es zweigen hier von der höchsten Erhebung nach W und O je zwei Kämme ab, durchwegs breite

Rücken mit geringen Schwankungen der Kammhöhen. Der nördliche der beiden gegen W ziehenden Kämme zeigt die Erhebungen des Strohsack (1904) und Kolmnock (1842), der südliche südwestlich der Kote 1869 eine Erhebung knapp über 1900 *m*. Von den östlichen läuft der nördliche im langen flachen Rücken der Lichteben (Kote 1943 und 1892) aus, der südliche senkt sich in einzelnen Stufen, von denen die höchste über 1800 *m* (Kote 1797 und Kollerriegel 1854), die nächste um 1750 (Kote 1744 und Dirnbaum 1767) liegt, die niedrigste Höhen um 1500 *m* aufweist (s. besonders Katzel 1513). Rings um die höchste Erhebung sehen wir durchwegs flache Gehänge und auch die Täler laufen nach oben in flache Mulden aus. Glaziale Formen scheinen nach der Spezialkarte nicht vorhanden zu sein. — Eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Wöllaner Nock besitzt die Gerlitzen (1910). Wir sehen auch hier einen breiten Aufbau der mittleren Erhebung über weit ausladenden, meist breiten Kämmen. Im westlichen Kamm treten die Höhen 1693 und 1650, im nördöstlichen die Höhen 1730, dann 1592 und 1564 hervor; nur der südwestliche Kamm zeigt durchwegs geringere Höhen.

Zahlreich sind in diesem Gebiete tiefere Stufen an den Gehängen und es würde sicher möglich sein, daraus die alten Talböden wieder herzustellen. — Den südlichsten Teil der Gurktaler Alpen bildet das nur 1228 *m* hohe Plateau des Wöllanigg (Villach NW).

Das nordöstliche Gebiet.

Oben wurde der höhere Teil der Gurktaler Alpen nach Nordosten verfolgt bis zu der Linie Wildanger—Flattnitz. Das nördlich und nordöstlich anschließende Gebiet unterscheidet sich davon nicht nur durch die geringeren Gipfelhöhen, sondern zeigt auch einen anderen Oberflächencharakter. Die breite Furche des Paalgrabens trennt vom Kamme der Würflinger Höhe den Kamm Lichtberg—Schwarnbrunnhöhe, der sich hier wieder in zwei Äste teilt; von denen der eine über die Pranker Höhe gegen NNW, der andere über die Ackerlhöhe nach NO zur Frauenalpe zieht. Östlich dieses letzteren Kammes folgt ein niedrigeres Gebiet, das im Zusammenhang mit dem übrigen südöstlichen Teile der Gurktaler Alpen besprochen werden soll.

Beiden Höhenzügen dieses Gebietes ist die große Breite und Flachheit der Kämme, ferner die geringe Bedeutung der Kare eigen; die nur an vereinzelten Hängen noch ein beherrschendes Formelement sind, sonst sich nur den übrigen Formen untergeordnet einfügen.

Nördlich der Einsenkung am Wildanger erhebt sich der Kamm der Würflinger Höhe mit breiten Rückenformen, von denen sich nach beiden Seiten flache Hänge absenken. Während diese auf der Westseite bald von den Steilhängen der zum Turracher Graben hinabziehenden Täler abgelöst werden, sehen wir auf der Ostseite meist bis zum Tal hinab flache Gehänge. Der südliche Teil des Paalgrabens zeigt auch in den tieferen Teilen nur flache Gehänge, die nur vereinzelt infolge durchstreichender Kalkzüge von felsigen Steilhängen unterbrochen werden. So kommt es, daß die oberen flachen Gehänge mit den unteren oft in eine Form zusammenfließen. Im nördlichen Teile dieses Tales treten in der Tiefe wieder Steilhänge in den Vordergrund, so daß hier wieder der Gegensatz zwischen oberen und unteren Gehängen schärfer hervortritt. — Die größte Breite erreicht der Kamm an der Würflinger Höhe (2195) selbst; der Rücken wird hier zu einer breiten ebenen Fläche, der gegenüber der Tschaudynock (2203) mit etwas schärferen Formen hervortritt. Nördlich eines vom Eisstrom überflossenen Sattels folgt noch die Erhebung der Straner Höhe (2121), dann ein langer, im einzelnen durch die glaziale Überfließung gestalteter Auslaufrücken, der im Karlsbergereck (1844) endet. An der Westseite des Kammes sehen wir keine längeren Kammverzweigungen, dagegen zieht an der Ostseite vom Dammegger Nock nach NO ein breiter Auslaufrücken, vom Sonntagsbirgl (1924) sich langsam auf 1800 *m* senkend. Nördlich davon sehen wir in geringerer Höhe eine breite Vorstufe der Würflinger Höhe. Es sind dies die Rücken des Ebenwaldes, der im Hansennock die Höhe von 1625 *m* erreicht. Sie schließen sich zusammen zu einer von Tälchen zerschnittenen Fläche, die tiefer liegt als die oben genannten Auslaufrücken. Wir fassen sie auf als Rest eines Talbodens, entsprechend den im Bundschuhgebiete auftretenden Talböden.

Östlich des Paalgrabens beginnt der Kamm mit dem Lichtberg (1924). Zwischen ihm und der Flattnitzhöhe liegt ein zerrissener Kamm mit Kote 1828. Gesteinswechsel und intensive glaziale Gestaltung haben hier eine überaus mannigfache Oberflächengestaltung hervorgerufen. Einen scharfen Gegensatz dazu bilden der breite Rücken des Lichtberges und die nördliche Fortsetzung zum Hirschstein (2018). Von hier zieht ein Rücken gegen ONO, der sich ganz allmählich zur breiten Fläche der »Langen Alm« und zur Fleischbank (1814) senkt. Einer zieht mit ganz ähnlicher Gestaltung gegen WSW, bis in eine Höhe von ungefähr 1800 *m* seinen Charakter beibehaltend; an der Südseite dieses Kammes ist ein schönes Kar eingebettet und hier zeigt der Kamm auch eine wesentliche Verschmälerung. Über diesen Rücken erhebt sich der Hirschstein mit sehr sanftem Anstieg als breite, flache Kuppe. Etwas steilere Flanken zeigen nördlich davon die Schwarnbrunnhöhe und Prankerhöhe. Der weitere Kamm gegen NNW ist fast durchaus ein breiter Rücken mit sehr flachen oberen Gehängen gegen W, aus denen sich einzelne breite Auslaufrücken ablösen (vgl. Kote 1855 in SW der Prankerhöhe und Kote 1820 im W des Kirbisch). An der Ostseite sehen wir zunächst einzelne Kare tiefer in den Kammkörper zurückgreifend, dann vom Kirbisch gegen N wieder bis ungefähr 1800 *m* herabreichend, flache Gehänge. Der

Kamm senkt sich gegen N allmählich, hier aber keine so auffällige Form bildend, wie wir sie im Auslaufrücken des Karlsbergerecks gefunden haben. In etwas tieferer Lage liegen am Ausgang des Paalgrabens an dessen rechtem Gehänge die Rücken mit Kote 1495 und 1550; wir möchten sie mit den Höhen des Ebenwaldes in Zusammenhang bringen. Ganz ähnlich ist die Gestaltung des von der Schwarnbrunnhöhe gegen NO ziehenden Kammes. An dessen Südostabdachung reiht sich Kar an Kar und auch an der Frauenalpe sehen wir eine Terrasse mit glazialer Gestaltung und karwandartigem Rückgehänge. Dagegen ist die nordwestliche Flanke oben von flachen, teilweise tief mit Schutt bedeckten Gehängen gebildet, die hier ziemlich bald von steilen Hängen abgelöst werden. Der Kamm zeigt oft große Breite, manchmal treten ganz ebene Stellen auf. Auffällig ist die tiefe Scharte zwischen Ackerlhöhe und Frauenalpe (1700 *m*); sie ist ein im einzelnen glazial gestaltetes Tal, eingefaßt von steilen, zum Teil felsigen Hängen. Von der Frauenalpe zieht der Rücken weiter gegen NO, in einigen Stufen absinkend, von denen die des Oberbergs (1780) hervorgehoben sei.

Zusammenfassend ergibt sich auch für diesen Teil der Gurktaler Alpen eine ähnliche Oberflächenentwicklung wie für das Bundschuhgebiet. Die Kämme sind sehr breit und erheben sich flach über weit ausladenden Auslaufrücken, die sich im Paalgraben zu einer Fläche von 1800 bis 1900 *m* Höhe zusammenschließen. In dem Bogen Kreischberg—Schwarnbrunnhöhe—Frauenalpe fehlen zwar solche Auslaufrücken, aber man kann vielleicht eine Ebenheit in rund 1800 *m* angedeutet sehen in den oberen flachen Gehängen, besonders zwischen Kirbisch und Kreischberg und in der Höhe des Oberbergs, im NO der Frauenalpe. Einen selbständigen tieferen Formenkomplex bilden im Paalgraben die Stufen des Ebenwaldes und am rechten Gehänge des Talausgangs. Sie stehen in keiner unmittelbaren Beziehung zur Gestaltung der Kämme und wir fassen sie als Reste eines, und zwar des höchsten unter den Ebenheiten der Auslaufrücken nachweisbaren Talbodens auf. Ein Überrest eines solchen Talbodens findet sich in sehr guter Ausbildung auch nördlich der Mur zwischen Lasaberg und Gstoder, im obersten Stück des Einacher Grabens. Dieser Graben bildet eine, von steilen Flanken eingefaßte Schlucht, die oben in einen flachen Talboden übergeht, der am »Sattel« (1562) eine ausgedehnte Ebene bildet. Diesem Talboden entspricht dann auch der breite Rücken zwischen Einacher Graben und Sonberger Graben mit Kote 1558. Zwischen den beiden Kammästen nördlich der Schwarnbrunnhöhe konnte ich bis jetzt keine sicheren Spuren eines solchen Talbodens nachweisen. Vielleicht gehören einige Stufen im Nordgehänge der Frauenalpe hierher.

Zusammenfassung der bisherigen Beobachtungen.

Wie schon erwähnt, senken sich die Gurktaler Alpen gegen SO in einzelnen Stufen zum Klagenfurter Becken. Bevor an die Beschreibung dieses Gebirgsteiles geschritten wird, soll zunächst ein Überblick über die bisherigen Untersuchungsergebnisse gewonnen werden und sollen einige sich daraus ergebende Probleme erörtert werden.

Als wichtigste Tatsache erscheint uns das Auftreten ausgedehnter Vorstufen und Auslaufrücken, deren Fluren sich in ungezwungener Weise zu einer einheitlichen Ebenheit zusammenschließen. Wir haben diese Ebenheit im inneren Teile des Gebirges in rund 2000 *m* Höhe, nur vereinzelt etwas darüber gefunden, während sich gegen die Ränder eine Herabdrückung der Höhenlage geltend macht. Liegt die Ebenheit an der Moschlitzen und südlich des Rosennock rund 2000 *m*, so sehen wir sie am Wöllaner Nock ungefähr in 1900 *m*. Westlich Lieser fanden wir sie zwischen 1800 und 1900 *m*, während sie gleich östlich davon am Preßingberg und südwestlich der Schwarzwand in Höhen über 2000 *m* auftritt. Auf der Nordseite muß die Ebenheit im Westen ungefähr zu 1900 angenommen werden; wir sehen dann gegen O zunächst einen Anstieg auf 2000 *m*, zwischen Mißlitz- und Turracher Graben, in dessen inneren Teilen sie auch ungefähr in dieser Höhe auftritt. Weiter östlich senkt sie sich wieder, so nördlich der Würflinger Höhe und im Bereich des Paalgrabens auf rund 1900 *m*, dann auf 1800 *m* an der Frauenalpe.

An den Bergzügen des Tschiernock—Millstätter Alpe und des Mirnock treten auch einzelne Auslaufrücken und Stufen in Höhen zwischen 1800 und 1900 *m* auf. Ob es berechtigt ist, daraufhin auch hier eine Ebenheit in dieser Höhe anzunehmen, aus der die Kämme als flache Erhebungen von rund 200 *m* Höhe emporgeragt wären, erscheint nicht sicher. Wenn wir es für wahrscheinlich halten, so geschieht es, weil die erwähnten Formen mit entsprechenden im Wöllaner Nock und im Gebiete des Stubecks, westlich der Lieser ziemlich übereinstimmen. Wollte man hier eine andere Entwicklung annehmen, so könnte man versucht sein, die breiten Rücken dieser Bergzüge mit ihrem weithin fast ebenem Kammverlauf aus der Ebenheit südlich des Rosennocks abzuleiten; dazu mußte man aber hier wieder eine Erhebung dieser Ebenheit annehmen, wofür wieder sonst nähere Anhaltspunkte fehlen. — Ob wir die Oberflächenentwicklung des Stockes der Gerlitzen ähnlich deuten dürfen wie jene des Wöllaner Nocks, ist schwer zu entscheiden; die Ebenheit, ja der ganze Bergstock müßte dann eine Absenkung um 200 bis 300 *m* erlitten haben.

Über den Ebenheiten erheben sich die Kämme im höheren Teile des Gebirges um 300 bis 400 *m*, in den randlichen Teilen nur um ungefähr 200 *m*. Auch in den Formen der Kämme ergibt sich ein Unterschied zwischen den inneren und randlichen Teilen, indem hier die Kämme durchwegs sehr flache Gehänge besitzen, zum Teil wie am Hirschstein fast nur als flache Bodenschwellen erscheinen, während sie dort als ziemlich ausgeprägte prismatische Körper mit mäßig steilen Gehängen den Resten der Ebenheiten gegenüberstehen.

Eine sehr bemerkenswerte Tatsache ist die große Kammdistanz. Sie beträgt z. B. zwischen Preßingberg und Schwarzwand 7 *km*, im Paalgraben (zwischen Würflinger Höhe und Pranker Höhe) sogar $9^1/_2$ *km*. Der Raum zwischen den Kämmen ist von den Ebenheiten eingenommen und die Kämme erheben sich daraus auf verhältnismäßig sehr schmaler Basis, die meist weniger beträgt als die Hälfte des Kammabstandes. Man kann daher diese Böden zwischen den Kämmen kaum als Täler in gewöhnlichem Sinne bezeichnen, besonders auch mit Rücksicht auf das Verhältnis zwischen ihrer Breite und Länge. Wenn unsere Auffassung über die Formen der Bergzüge im SW richtig ist, so hätte zwischen diesen und dem Wöllaner Nock einerseits und den Höhen der Moschlitzen und des Rosennock anderseits die Ebenheit eine besonders große Ausdehnung besessen. Man gewinnt den Eindruck, daß sich diese Ebenheit zwischen die Kämme des inneren Gebietes hinein fortsetzt, wo sich dann die Kämme erst zu einer größeren einheitlichen Erhebung zusammenschließen.

Eine Ausnahme von der großen Kammentfernung sehen wir im Norden an den Bundschuhtälern, dem Mißlitz- und Kendlbrucker Graben. Eine nähere Betrachtung lehrt aber, daß diese Täler wenigstens in ihrem unteren Teile in die Ebenheit eingetieft sind. Sie zerschneiden diese, ebenso wie die tieferen Teile des Krems- und Leobengrabens als Kerbtäler inmitten der Ebenheit erscheinen. Dieselbe Stellung nehmen auch die Täler auf der Südseite des Rosennockgebietes ein. Diese Täler mit geringerer oberer Lichte greifen zum Teil noch in den höheren Gebirgskörper zurück. Dies sehen wir nicht nur an den innersten Verzweigungen der genannten Täler der Nordseite, sondern z. B. auch im oberen Köflachgraben (zwischen Gr. Rosennock und Saunock).

Wir erkennen also, daß die Ebenheiten von jüngeren Tälern zerschnitten sind und sich so ein jüngerer Formenkomplex in den älteren einschiebt. Daraus ergibt sich eine solche Gliederung der Gehänge, daß auf einen unteren Steilhang die flacheren Hänge der Ebenheiten und der darin eingetieften Mulden folgen, dann wieder stärker geneigte Flächen gegen die Kämme. Diese Stufung zeigt eine Ähnlichkeit mit den Formen eines glazial gestalteten Tales mit Trogwänden, Schulterflächen und Steilhängen gegen die Kämme, eine Ähnlichkeit, die um so größer ist, als auch hier die oberen Steilhänge häufig durch Kare gegliedert sind. Eine glaziale Entstehung dieser Formen ist aber hier ganz und gar ausgeschlossen. Die Ebenheiten in den Tälern sind nur die Fortsetzung der ausgedehnten Ebenheiten in den randlichen Teilen und hier erreichen diese Formen eine solche Ausdehnung, daß sie unmöglich mit der Vergletscherung in Zusammenhang gebracht werden können; überdies sehen wir sie ja auch in Gebirgsteilen, wie am Wöllaner Nock, die zwar von großen Eismassen umflossen waren, selbst aber keine nennenswerten Gletscher trugen, sondern wohl nur in den höheren Teilen mit Firn überdeckt waren. Übrigens treten in unserem Gebiete, abgesehen von den Karen, alle glazialen Formen als Kleinformen auf und gerade die Art, wie sich diese Kleinformen z. B. den Ebenheiten einfügen, läßt mit aller Deutlichkeit erkennen, daß durch die Vergletscherung hier meist nur eine geringfügige Umgestaltung des Reliefs eingetreten ist, die großen Formen wie die Ebenheiten, aber jedenfalls anderer Entstehung sind. Die glazialen Formen treten nur dort stärker hervor, wo das Eis in rascherer Bewegung gewesen sein muß, also vielfach in den teilweise typisch trogartig gestalteten Tälern der Südseite, auf den Pässen und überhaupt den vom Eise überflossenen Höhen; dagegen sehen wir die eiszeitlichen Formen in den Tälern der Nordseite, wo das Eis als träge Masse angestaut war, sehr zurücktreten. Denkt man sich ein Tal, wie den Leoben- oder Kremsgraben, von einem großen, nicht zurückgestauten Talgletscher durchflossen, so würden alle Hänge gleichmäßige glaziale Bearbeitung zeigen und wir hätten Formen vor uns, wie wir sie aus den höheren Teilen der Zentralalpen kennen; dann könnte man versucht sein, alle diese Formen glazial zu erklären. Übrigens wurden diese »typisch« glazialen Formen auch dort schon als vorglazial gedeutet (vgl. Distel [12], Ampferer [13] und Creutzburg [14]).

Nicht überall sind die Ebenheiten von jungen Kerbtalern unmittelbar zerschnitten, sondern wir sehen dazwischen die Reste von höheren Talböden. Vereinzelt sind solche Talböden noch vollständig erhalten wie der Talboden des Schönfeldes oder der Talschluß des Klölingtales. Wir haben Talbodenreste im Turracher Graben gefunden und einen Talboden im Paalgraben wiederherstellen können.

Auch sonst sind ähnliche Formen häufig und wenn auch unsere diesbezüglichen Beobachtungen bisher noch zu lückenhaft sind, um darüber ein abschließendes Urteil abgeben zu können, so hat sich doch mit Sicherheit ergeben, daß diese Formen dem Alter nach unmittelbar auf die Ebenheiten folgen. Mit der Ausbildung dieser Talböden hat eigentlich erst die Entwicklung der gegenwärtigen Täler eingesetzt. Sie wurden in ein älteres Relief eingeschnitten und dabei wurde die große Kammdistanz als etwas Fremdes mitübernommen. Mit diesen Talböden haben wir auch die in den Ebenheiten und in den Flanken der darüber aufragenden Kämme eingebetteten Mulden in Zusammenhang gebracht, indem auch diese als vorglaziale Formen gedeutet wurden. Teilweise sind diese Mulden in Kare umgewandelt worden, andere zeigen gar keine Ähnlichkeit mit Karen; hier hat wohl eine gleichmäßige Firnbedeckung die Karbildung ausgeschlossen.

Mit der Entwicklung der hohen Talböden war also eine jüngere Phase der Oberflächenentwicklung des Gebirges eingeleitet. Die Richtung der Entwässerung war schon dieselbe wie heute und die Wasserscheiden sind seither, von einigen unbedeutenderen Veränderungen abgesehen, wohl stabil geblieben. Die Pässe, besonders die breiten Niederungen der Turracher- und der Flattnitzhöhe dürften schon in der vorhergehenden Phase angelegt, jetzt aber weiter ausgebildet worden sein. Im einzelnen wären darüber noch Untersuchungen anzustellen. Ob die Richtung der Entwässerung zur Zeit der Ebenheiten eine andere war als später, darüber konnten wir kein Urteil gewinnen. Man könnte teilweise an der Hand der Karte versucht sein für diese ältere Phase andere Zusammenhänge aufzustellen, doch ist dies alles sehr problematisch.

Für die jüngere Phase der Oberflächenentwicklung dürfen wir nur einen normalen Abtragverlauf, bestimmt durch die Erosion des fließenden Wassers, annehmen. Viel schwieriger ist dagegen die Erklärung der Oberflächenformen der älteren Phase.

Hier tritt uns, wie schon oben hervorgehoben, der Gegensatz zwischen den breiten Flächen der Ebenheiten und den verhältnismäßig schmalen Kämmen entgegen. Will man diese Verhältnisse aus einem durch Erosion des fließenden Wassers bestimmten Abtragverlauf erklären, so müßte man ein sehr bedeutendes Maß seitlicher Erosion verbunden mit Zuschüttung der Täler annehmen. Doch erscheint es sehr fraglich, ob sich so die hier auftretende Formenentwicklung genügend erklären läßt; besonders der auffällig große Kammabstand bleibt dabei noch immer unverständlich und es fragt sich, ob man nicht an die Wirkung anderer Kräfte der Abtragung entsprechend einem trockeneren Klima oder wenigstens einem solchen mit anderer Regenverteilung denken muß. Eine Beziehung der Anordnung der Kämme zur Verteilung der Gesteine, etwa der Art, daß die Kämme im wesentlichen Zonen härterer, oder besser widerständigerer Gesteine entsprächen, besteht nicht; dies läßt schon eine flüchtige Bekanntschaft mit dem geologischen Aufbau sicher erkennen.

Ebensowenig erscheint es uns möglich, die Verhältnisse tektonisch zu erklären. Die Kämme besitzen zwar vielfach Richtungen, die, wie noch unten ausgeführt werden soll, im Gebirgsbau der östlichen Alpen wiederkehren. Dies tritt besonders im südwestlichen Teile des Gebirgs hervor, wo wir die Kämme durch die erwähnten Längstalzüge getrennt sehen. Wenn wir auch einen indirekten tektonischen Einfluß auf die Richtung dieser Längstäler (s. weiter unten) für sicher halten, so erscheint es doch kaum möglich, dies auf alle Talrichtungen zu übertragen. Übrigens ließe sich in dieser Weise gerade das, was eine Erklärung fordert, nämlich der große Kammabstand und die bedeutende Breite der ebenen Talflächen, nicht erklären. Wollte man diese für tektonisch begründet halten, so müßte man mehrere sich kreuzende Erhebungswellen annehmen.

Abgesehen davon, daß solche Annahmen in keiner Weise durch Beobachtungen zu stützen wären, könnte man sich auch die Art der dabei angenommenen tektonischen Vorgänge schwer vorstellen.

Vielleicht wird es einmal möglich sein, an die Lösung dieses geomorphologischen Problems heranzutreten, wenn man auch in anderen Teilen der Zentralalpen die Formen der ältesten Landoberfläche kennen gelernt hat.

Eine andere Erscheinung der ältesten Oberfläche der Gurktaler Alpen fordert noch eine Beachtung, d. i. die Anordnung der Gipfelhöhen. Wir haben gesehen, daß die höchsten Erhebungen eine Zone bilden, in deren Begrenzung die Richtungen SSW—ONO oder SW—NO und NW—SO hervortreten. Wir haben auch gesehen, daß hier die Kämme höher über den Ebenheiten aufragen. Wie man auch immer die früher erörterten Probleme lösen will, hier wird man eine stärkere Aufwölbung des inneren Gebirgsteiles vor Ausbildung der Ebenheiten für möglich halten können. Ebenso möchte ich die verschiedene Höhenlage der Ebenheiten wenigstens teilweise durch nachträgliche tektonische Bewegungen erklären. Gerade der unten kurz durchgeführte Vergleich unseres Gebietes mit einigen benachbarten Bergzügen hat diese Auffassung berechtigt erscheinen lassen.

Die östlichen und südöstlichen Teile der Gurktaler Alpen.

Wir haben die Gurktaler Alpen beschrieben bis zu einer Linie, die ungefähr von Feldkirchen über Gnesau nach der Ebene Reichenau von hier in einem schwachen, gegen SO gekrümmten Bogen über das oberste Glödnitz- und Metnitztal nach Murau gezogen werden kann. Östlich dieser Linie liegen niedrigere Berggruppen, die stufenförmig gegen SO absinken. Zwischen der Linie Olsa-, Metnitztal und Krappfeld und dem Görtschitztal liegen ebenfalls niedrigere Bergzüge, so daß sich zwischen den höheren Teilen der Gurktaler Alpen im Westen und dem Zuge der Seetaler Alpen und Saualpe eine weite Einsenkung in der Landoberfläche ergibt, die wir nach den bloßen Höhenverhältnissen als eine nördliche Fortsetzung des Klagenfurter Beckens betrachten dürfen.

Die höchste der Berggruppen östlich der oben genannten Linie sind die Metnitzer Alpen[1] zwischen Metnitz- und Murtal, im Osten gegen die Senke von Neumarkt abbrechend. Sie erreichen zwar in der Grebenzen (Kote 1870 und 1896) nahezu 1900 *m*, aber die anderen Gipfel ragen nirgends bis 1800 *m* auf; so liegen sie als eine niedrigere Gruppe vor dem Zuge Lichtberg—Prankerhöhe—Frauenalpe. Schärfer hebt sich die Gruppe zwischen dem oberen Gurktale und dem Metnitztale mit der höchsten Erhebung von 1880 *m* im Kruckenspitz von den bis über 2300 *m* aufragenden Bergen im NW und N ab. Niedriger ist dann die Gruppe östlich des Glödnitztales, die zwar im NW noch Höhen von rund 1700 *m* (Dorferecken 1722 und Mödringberg 1687) besitzt, während die gegen NO ziehenden Rücken zwischen 1400 und 1500 *m*, die übrigen um 1300 *m* liegen. Die Bergzüge südlich des Gurktales, zu beiden Seiten des Wimitztales endlich haben Kammhöhen zwischen 1200 und 1300 *m*.

---

[1] Böhm versteht unter dieser Bezeichnung ein größeres Gebiet.

Mit der Erniedrigung der Kammhöhen tritt im ganzen auch eine Verflachung des Reliefs ein. Am mannigfaltigten ist die Oberfläche in den Metnitzer Alpen, hier freilich auch bedingt durch den Wechsel von Kalken und Schiefern. Durch einen längeren Talzug mit einer Talwasserscheide in 1100 *m* Höhe westlich von St. Lambrecht wird ein nördlicher niedrigerer Kamm abgetrennt. Der südliche Bergzug ist gegliedert durch einige tiefer eingeschnittene Tälchen, die von NW nach SO zur Metnitz führen. Mehrfach scheinen hier Spuren von Verlegungen der Wasserscheide vorhanden zu sein. An der Ausgestaltung der Oberfläche haben die Eismassen des Murgletschers wesentlich teilgenommen, die das nördliche Gebiet ganz, das südliche noch teilweise überflutet haben. Der nördliche Teil erreicht im Karchauereck eine Höhe von 1654 *m*. Der Kamm ist durchwegs gerundet und breit. Er zeigt nach der Spezialkarte einige Stufen in etwas über 1500 *m* Höhe, und zwar im Rücken der Ofner Alpe und im Rücken, der vom Blasenkogel gegen O zieht. Der südliche Zug ist in einzelne Stöcke geteilt und zeigt zum Teil scharfe Kämme und schroffere Bergformen. Eine breite Kuppe ist dagegen die Kuhalpe (1784), von der sich gegen N ein Rücken mit einer auffälligen Verflachung zwischen 1500 und 1600 *m* absenkt. Der Kalkstock der Grebenzen zeigt Oberflächenformen, die an die Plateaus der Nördlichen Kalkalpen erinnern. Es liegt hier in der Höhe ein altes Relief vor, das nach unten von steilerem Gelände abgelöst wird und besonders gegen S in schroffen, zerrissenen Hängen abstürzt. Eine Stufung sehen wir im Nordkamme, der zunächst zum breiten Sattel des Schönanger absinkt, dann sich nochmals zum Kalkberg mit 1578 *m* erhebt. Gegen O zieht ein Kamm mit einer Stufe zwischen 1500 und 1450 (Königreich 1451). In ähnlicher Höhe liegen auch auf der Nordseite des Metnitztales einzelne Seitenrücken. Auch tiefere Stufen zwischen 1200 und 1300 *m* scheinen hier vertreten zu sein.

Anders erscheinen die Oberflächenformen der Gruppe zwischen dem Gurk- und Glödnitztale. Nördlich davon senkt sich der Kamm von der Beretthöhe mit 2377 langsam zur Haidner Höhe (zwischen 2100 und 2000), um dann gegen die Flattnitzer Höhe rascher an Höhe zu verlieren. Von der Haidner Höhe zieht ein Rücken mit ziemlich gleichmäßigem Gefälle gegen SO. An den über die Höhe des Beling (1750) gegen S ziehenden Rücken schließen sich als eine selbständige Berggruppe Kämme, die im Kruckenspitz mit 1880 *m* ihre größte Höhe erreichen. Die meisten Kuppen besitzen Höhen von über 1700 *m*; mehrfach liegen aber die Kämme zwischen 1600 und 1700 und einzelne breite Sättel wenig über 1500 *m*.

Besonders gegen S finden wir öfters Auslaufrücken in einer Höhe von 1600 *m* und auch etwas darunter. Auf der Ostseite tritt eine raschere Erniedrigung der Kämme ein und wir sehen z. B. im Rücken von Kaltwasser auf längere Erstreckung Höhen von wenig über 1300 *m*.

Der gegen S ziehende Hauptkamm und die Verzweigungen gegen W zeigen fast durchwegs sehr breite, flache Formen, wie wir sie im Gebiete von Bundschuh und am Hirschstein kennen gelernt haben. Die gegen W und S ziehenden Gräben sind in ihrem unteren Teile schmale Kerbtäler mit starkem Gefälle. Nach oben tritt eine auffällige Verflachung ein und die Talschlüsse sind breite Mulden, bereits einer älteren Formengruppe angehörend. Von diesen erheben sich die Gehänge sehr sanft zu den breiten Kämmen mit ihren flachen Kuppen. Wir haben also auch hier wieder den Gegensatz zwischen einem alten flachen Relief in der Höhe und einem jüngeren durch schroffere Formen ausgezeichneten in der Tiefe. Das schönste Beispiel eines solchen Tales ist das oberste Gurktal, das bei der Ortschaft Ebene Reichenau von O her in das Haupttal einmündet. Die Gurk fließt oberhalb dieser Ortschaft in einer tief eingerissenen Schlucht; oberhalb der Vereinigung der Gurk mit dem von O kommenden Seitenbach sehen wir Sohlentäler mit flach ansteigenden Gehängen.

Abwärts von der Ebene Reichenau besitzt das Gurktal den Charakter eines glazialen Trogtales; Penck spricht von der Übertiefung dieses Tales. Ich halte es aber für ganz ausgeschlossen, den Gegensatz zwischen den beiden Teilen des obersten Gurktales auf die glaziale Übertiefung des Haupttales zurückzuführen; ebensowenig bei den anderen zum Haupttale ziehenden Tälern, so bei den Verzweigungen des Görztales und bei den kleinen gegen S gerichteten Tälchen. Will man den Gegensatz zwischen den oberen und unteren Strecken dieser Täler mit der glazialen Übertiefung des Haupttales in Zusammenhang bringen, so müßte man für dieses einen präglazialen Talboden annehmen, der bei Gnesau noch eine Höhe von 1300 *m* gehabt haben müßte. Es würde sich dann aber hier im präglazialen Talboden eine Stufe ergeben, denn wir können diesen weder zwischen Himmelberg und Feldkirchen noch im östlichen Gurktale in einer ähnlichen Höhe erwarten. Eine solche Stufe im präglazialen Talboden widerspricht aber allen Erfahrungen, die man bei der Verfolgung präglazialer Talböden anderwärts gemacht hat. Überdies würde man zu dem unwahrscheinlichen Betrag von 300 bis 400 *m* für die glaziale Übertiefung kommen. Der präglaziale Talboden lag wohl viel tiefer und es mag mit der Übertiefung z. B. die niedrige Stufe bei Zedlitzdorf zusammenhängen. — Es hat also die Zerstörung des in der Höhe noch weithin erhaltenen alten Reliefs nicht erst in der Eiszeit begonnen, sondern der besprochene Formengegensatz bestand schon vorher.

Wie in den Höhenverhältnissen und in der Gestalt der Kämme finden wir auch in der Gestalt der Täler einen Gegensatz zwischen der West- und Ostseite dieser Gruppe. Die Täler sind hier in gleicher Entfernung vom Hauptkamm tiefer eingeschnitten; ihr Gefälle ist gleichmäßig und sie zerfallen nicht in zwei so auffällig voneinander geschiedene Talstrecken. Auch die Gehänge zeigen eine gleichmäßigere Abdachung und sind steiler als die oberen Gehänge der Westseite. Wir können daher hier nicht — wenigstens soweit die bisherigen Beobachtungen reichen — ein altes Relief in der Höhe einem jüngeren in der Tiefe gegenüberstellen. Spuren eines alten Talbodens finden sich zwar auch hier, aber in geringerer Höhe.

Die nächste östliche Gruppe zwischen Gurktal und Metnitztal beginnt im NW mit einem im Dorferecken über 1700 *m* (Kote 1722) aufragenden Kamm, der von den Flattnitzer Bergen durch einen Sattel (Kote 1368) getrennt ist. Weiter östlich folgt noch die Erhebung des Mödringberges (1687). Von den hier ausstrahlenden Seitenrücken besitzen die gegen NO und ONO ziehenden noch Höhen von nahezu 1500 *m*, während der gegen O gerichtete sich bald tiefer absenkt; es bleibt dann von einzelnen tieferen Sätteln abgesehen auf eine längere Erstreckung in einer Höhe zwischen 1300 und 1350 *m*. Gegen S ziehen zu beiden Seiten des Mödringgrabens Rücken mit sehr gleichmäßigem Gefälle; sie enden mit Höhen von 1235 und 1265 *m*. Alle Kämme haben breite Rückenformen und an einzelnen Stellen, so am Saumarkt (1345, Grades SO) sehen wir flache Erhebungen mit weit ausladenden sanften Gehängen. Die nach S gegen das Gurktal ziehenden Täler beginnen oben in ziemlich flachen Mulden, nehmen dann den Charakter von Kerbtälern an und besitzen erst in den unteren Strecken eine sich allmählich verbreiternde Sohle. Die sie begleitenden Steilhänge gehen aufwärts bald in flache Gehänge über. Zwischen diesen unteren Talstrecken sehen wir, das Gurktal begleitend, eine deutliche Stufe, einen ausgesprochenen Talboden zwischen 950 und 1000 *m*; vereinzelt treten auch Spuren einer tieferen Stufe auf. Im Westen brechen die oben genannten Auslaufrücken zu beiden Seiten des Mödringgrabens über diesem Talboden ab und wir können ihre Formen deutlich scheiden von flachen Gehängen, die mit dem alten Talboden zusammenhängen. Weiter östlich scheint aber eine Verflößung zwischen beiden Formengruppen eingetreten zu sein und nur eine sehr eingehende Untersuchung könnte vielleicht eine solche Scheidung ermöglichen.

Das Gebiet zwischen dem unteren Gurktal und der Furche des Glantales (Wimitzerberge nach v. Böhm) besteht aus zwei gegen ONO ziehenden Höhenzügen. Der nördliche hat meist Kammhöhen zwischen 1000 und 1100 *m* mit mehreren Kuppen um 1200 *m* Höhe; der südliche ist höher und zeigt öfters Aufragungen bis 1300 *m* und etwas darüber. Der nördliche besitzt einen Steilhang gegen N zum Gurktal, dagegen gegen S eine flache Abdachung mit deutlichen Spuren eines alten Talbodens in Höhen über 900 *m*, der also dem Talboden nördlich des Gurktales entsprechen dürfte. Auch auf der Nordabdachung des südlichen Kammes sehen wir die Spuren dieses Talbodens. Auch auf dessen Südseite dürften Spuren davon vorhanden sein, doch scheint hier schon eine Verwischung durch glaziale Wirkungen eingetreten zu sein.

Zusammenfassung über den östlichen und südöstlichen Teil.

Die Untersuchung des südöstlichen Teiles der Gurktaler Alpen hat ergeben, daß sich in den einzelnen Gruppen die Kammhöhen innerhalb ziemlich enger Grenzen bewegen und wir erkennen daraus eine stufenförmige Anordnung der Höhen. Wir können im wesentlichen folgende Fluren für die einzelnen Stufen feststellen. Die tiefste Flur in einer Höhe von 1200 und 1300 *m* Höhe ist gegeben in den Kämmen südlich des Gurktales und im südlichen und östlichen Teile der Gruppe zwischen dem Gurk- und Metnitztale; hierher gehören auch noch Kämme westlich des Glödnitztales, nämlich der Rücken vom Schleichkogel gegen SO und der Rücken des Kaltwassers. In der gleichen Höhe liegen auch die Kämme im südlichen Teile der Berge zwischen dem Metnitz- und Görtschitztale. Die nächst höhere Flur sehen wir in den Kämmen, die vom Mödringberg gegen NO ziehen, ferner in Höhen nördlich des Metnitztales, endlich auch auf der Ostseite der Grebenzen; damit stimmen noch überein die Kammhöhen unmittelbar südlich der Neumarkter Senke. Die östlichen Ausläufer der Gerlitzen liegen nicht viel höher. Diese Flur von 1450 bis 1500 *m* hat eine wesentlich geringere Ausdehnung als die vorher besprochene und könnte als ein Übergang zwischen dieser und der höchsten Flur betrachtet werden. Die letztere mit 1700 bis 1800 *m* Höhe ist ausgeprägt im westlichen Teil der Gruppe zwischen dem Glödnitz- und Gurktale; hier ergibt sich auch eine Beziehung zu den tieferen Stufen der östlichen Auslaufrücken des Wöllaner Nocks. Die Höhen des Dorferecken und Mödringberg leiten hinüber zu den Höhen der Metnitzer Alpen, wo allerdings die Grebenzen noch zu größerer Höhe aufragt.

Ähnliche Kammhöhen wie in den Metnitzer Alpen finden wir auch im sogenannten Tamsweg-Seckauer Höhenzug östlich von Gstoder, so in der Kramerhöhe (1806), der Stolzalpe (1816), im Pleschaitz (1797) und Bocksruck (1766). Auch in den nördlichen Ausläufern der Seetaler Alpen sehen wir einen langen Kamm in dieser Höhe (Kalkriegel 1771, Schafkogel 1774 und Weißeck 1743). Österreich hat die genannten Höhen des Tamsweg-Seckauer Zuges bereits in einen genetischen Zusammenhang gebracht. Er sieht darin die zweite Talanlage für das obere Murgebiet, während verschiedene Kammhöhen in rund 2000 *m* auf der Südseite der Niederen Tauern und Nordseite der Gurktaler Alpen der ersten

Talanlage gegenüber einer Uroberfläche in rund 2500 *m* entsprechen sollen. Österreich sieht in den Stufen der Kammhöhen Reste von Talböden; er erklärt also die Anordnung der Höhen rein nur durch die Erosion, dabei stillschweigend von der Voraussetzung ausgehend, daß das Gebirge während dieser Entwicklung keine wesentliche tektonische Veränderung mehr erfahren habe.

Will man diese Auffassung auf unseren Fall anwenden, so hätte man in den drei Fluren zeitlich aufeinander folgende und ineinander geschaltete Flächen zu sehen, die ihre Entstehung rein nur einem Wechsel von Phasen der Tiefenerosion mit solchen langer Stillstandslagen der Erosionsbasis verdanken würden. Aus jeder dieser Flächen wäre in der darauffolgenden Epoche zunächst das in der Höhe überall mehr oder weniger ausgeprägte schwache Relief herausgearbeitet worden. Der jüngsten Stillstandslage würde dann der im Gurk- und Wimitztale auftretende Talboden entsprechen.

Für die höchste Flur ergibt sich eine naheliegende Beziehung zu den Ebenheiten des höheren Gebirgsteiles, für die Metnitzer Alpen zu der im Oberberg angedeuteten Ebenheit — wobei allerdings die größere Höhe der Grebenzen herausfällt; Österreich hält aber eine spätere Aufwölbung dieser meridional streichenden Kalkplatte für möglich — für die Gruppe zwischen Gurk- und Glödnitztal zu der Ebenheit an der Ostseite der Moschlitzen. Diese Ebenheiten hätte man sich also weiter ausgedehnt zu denken und sie wären die Ausgangsformen gewesen für das alte Relief der genannten Gruppen. Führt man diesen Gedanken weiter, immer unter Ausschluß späterer tektonischer Veränderungen von durchgreifender Wirkung, so mußte man die Existenz einer Ebene von großer Ausdehnung in wenigstens 1800 *m* Höhe annehmen. Sie hätte sich nicht nur über den Raum zwischen den Gurktaler Alpen und dem Seetaler- und Saualpenzug erstreckt, sondern auch über das ganze Klagenfurter Becken bis zu den südlichen Kalkalpen, anderseits über das Murgebiet vom Gstoder weit nach Osten. Südlich des Murtales hätten nur die höheren Teile der Seetaler Alpen, der Stubalpe und Gleinalpe darüber aufgeragt.

Auch die nächst tiefere Flur (1400 bis 1500 *m*) hätte eine weite Ebene bilden müssen und würde im Murtale einem ausgedehnten, sehr breiten Talboden entsprechen; wir finden hier vielfach Rücken dieser Höhenlage und Österreich führt diese auf die dritte Talanlage zurück. Unsere Flur von 1200 bis 1300 *m* Höhe wäre in Kärnten noch immer als ausgedehnte Ebene zwischen den höheren eingeschaltet zu denken. Die tiefste Flur von 900 bis 1000 *m* wäre hier meist als breiter Talboden, nur im mittleren Teile des Klagenfurter Beckens noch als Ebene aufgetreten.

Wir sehen also an der Südostabdachung der Gurktaler Alpen einen Aufbau in großen Stufen. Daß ein Zusammenhang dieser Stufen mit der Anordnung der Gesteine hier gänzlich ausgeschlossen ist, ergibt schon der immerhin verwickelte geologische Aufbau des Gebietes. Ebensowenig können die einzelnen Stufen mit klimatischen Höhenzonen zusammenhängen. Erklären wir diese Formenentwicklung nur aus Abtragungsvorgängen, so ist wenigstens für die höheren Fluren deren große Ausdehnung unverständlich. Sie können nicht als Talebenen aufgefaßt werden. Was immer für eine durch das Klima bedingte Abtragungsart angenommen werden mag, es bleibt immer unverständlich, warum hier durch die Abtragung eine mehr oder weniger ebene Fläche entstand, während daneben die Höhen nur zertalt, aber doch als ein viel höher aufragender Teil der Landoberfläche erhalten blieben. Die Entstehung durch die Abtragung allein ist unerklärbar, wenn wir z. B. für die höchste Flur eine gleich hohe Ausgangsfläche annehmen, wie für das benachbarte Gebirge. Nehmen wir aber für die höchste Flur eine tiefer liegende Ausgangsfläche an, so legen wir der Erklärung bereits einen außerhalb der Abtragung liegenden Faktor, also eine tektonische Ursache zugrunde. Dasselbe gilt, wenn wir die Entstehung der tieferen Ebenen aus den nächst höheren erklären wollen.

An tektonische Ursachen haben wir schon früher bei der Erklärung des Auftretens größerer Gipfelhöhen im inneren Teile des Gebirges gegenüber den randlichen Teilen gedacht; ebenso ist es naheliegend die verschiedene Höhenlage der hohen Ebenheiten durch nachträgliche, wenn auch kleine tektonische Veränderungen zu begründen. Die Unmöglichkeit, den Stufenbau an der Südostseite des Gebirges durch bloße Vorgänge der Abtragung zu erklären, führt uns auch hier zu der Meinung, daß dabei nachträgliche tektonische Veränderungen, und zwar wohl Absenkungen des Gebirges in einzelnen Schollen eingetreten sind.

Wir haben bei der Beschreibung der einzelnen Gebirgsteile im Südosten gesehen, daß fast durchwegs ein altes flaches Relief in der Höhe auftritt, dem die jüngeren Erosionsformen der Tiefe gegenüberstehen. Die Formen dieses alten Reliefs erinnern überall an die Formen, die in den randlichen Gebieten des höheren Gebirgsteiles über den Ebenheiten auftreten. Wir nehmen daher an, daß alle diese alten, hoch gelegenen Oberflächenformen einander entsprechen und einer einzigen Landoberfläche angehören, die dann durch tektonische Vorgänge zerstückelt wurden, so daß die einzelnen Teile in verschiedene Höhenlagen kamen. Ob wir dies auch für die Bergzüge der tiefsten Flur zwischen 1200 und 1300 *m* annehmen dürfen, oder ob die Oberflächenformen dieser Stufe doch jünger sind, muß zunächst dahingestellt bleiben.

Auch die Verhältnisse im Tamsweg-Seckauer Höhenzuge lassen sich meiner Ansicht durch spätere tektonische Veränderungen besser erklären, als durch die von Österreich aufgestellten drei Talanlagen, mit ihren für die erste und zweite Anlage abnorm breiten Talböden. Wie schon oben angedeutet, sehen wir in diesem Höhenzüge im östlichen Teile Berge von rund 1800 *m*

Gipfelhöhe, dagegen ragen westlich der Gstoder bis 2141 *m*, der Lasaberg bis 1954 *m* auf. Alle Gipfel erheben sich über deutlichen Auslaufrücken, die im westlichen Teile Höhen von ungefähr 1800 *m*, im östlichen von rund 1500 *m* besitzen. Im Westen sehen wir die Flur von 1800 *m* nicht nur in den Auslaufrücken am Lasaberg und Gstoder, sondern auch in den Höhen zwischen den Längstalfurchen Tamsweg—Seebach und Prebersee—Krakaudorf, ferner im Schwarzenberg (Tamsweg SW) ausgeprägt. Die Höhen tragen im einzelnen meist das Gepräge einer reichen glazialen Bearbeitung, weisen aber deutlich auf eine gemeinsame Ausgangsform in ungefähr 1800 *m* Höhe hin. Wir haben also hier eine ausgedehnte Ebenheit, die etwas tiefer liegt als die auf der Nordseite des Bundschuhgebietes gefundene Ebenheit. Wenn wir mit dieser die Ebenheit rings um den Lasaberg parallelisieren, so erhalten wir südlich der Niederen Tauern für die älteste Zeit eine Landoberfläche, in der einzelne Kämme aus einer ausgedehnten Ebenheit sich flach erheben. Wir können zwar, wie oben dargelegt, die Entstehung einer so gestalteten Landoberfläche nicht hinreichend erklären, knüpfen aber unsere Rekonstruktion besser an die tatsächlichen, noch nachweisbaren Oberflächenformen, als bei Annahme einer nur durch wenige Formen begründeten überaus weiten Talebene, deren Entstehung theoretisch auch kaum erklärbar ist. Wir haben es oben für möglich gehalten, daß die Ebenheit auf der Nordseite des Bundschuhgebietes gegenüber den inneren Teilen der Gurktaler Alpen herabgebogen wurde; eine weitere Absenkung hätten wir dann im Gebiete des Lasaberges anzunehmen, wobei es sich allerdings nur um verhältnismäßig geringe Beträge handeln würde. Eine bedeutendere Senkung müssen wir für die östlich anschließenden Teile des Tamsweg-Seckauer Höhenzuges annehmen, wenn wir die dort in 1500 *m* Höhe durch die Auslaufrücken angegebene Ebenheit mit jener im W und im S im Gebiet der Frauenalpe gleichstellen wollen. Die Senkung wäre geschehen ungefähr in einer Linie, die von Krakaudorf über Seebach und das Allgäueck gegen S zu ziehen wäre. Wenn wir diese Auffassung folgerichtig durchführen, müssen wir auch den Südrand der Niederen Tauern tektonisch erklären. Dieser Gebirgszug besitzt nicht nur ganz andere Oberflächenformen, sondern auch viel bedeutendere Kammhöhen als die Zentralalpen südlich davon. Dieser Unterschied kann auf keinen Fall allein aus der Abtragung erklärt werden, sondern das Gebirge nördlich und südlich einer dem Südrand der Niederen Tauern entlang von W nach O ziehenden Linie erscheint durch verschiedene tektonische Schicksale voneinander getrennt.

Im Waldkogelzuge beobachten wir ein stufenweises Absinken der Kammhöhen von N nach S und wir gehen wohl nicht fehl, wenn wir auch dies tektonisch erklären.

Weitere Aufgaben der geomorphologischen Forschung.

Bei den hier angenommenen tektonischen Veränderungen handelt es sich um vertikale Verschiebungen. Es sind dies Vorgänge, die mit der Hauptfaltung des Gebirges nichts zu tun haben, sondern dieser als eine selbständige Phase nachfolgten. Es ist dann ein Problem für sich, ob diese Störungen gleichzeitig oder in Etappen erfolgten. Erst zuletzt kann an die Lösung der Frage nach dem geologischen Alter dieser Vorgänge herangetreten werden.

Wir haben diese tektonischen Vorgänge angenommen, nicht auf Grund von Beobachtungen im Schichtbau — es erscheint sehr fraglich, ob es einmal möglich sein wird, diese Störungen im Schichtbau überhaupt zu erkennen — sondern auf Grund morphologischer Beobachtungen und Erwägungen und es ist natürlich, daß auch die weiteren Probleme von solchen Gesichtspunkten ausgehend, behandelt werden müssen. Als nächste Frage erscheint uns die, in welchem Stadium der Oberflächenentwicklung eine Scholle von einer Störung betroffen wurde. Wir haben oben gesehen, daß auf die Ausbildung der hohen Ebenheiten eine Phase folgte, die durch das Auftreten von hochgelegenen Talböden und Terrassen festgelegt erscheint. Erst eine Parallelisierung dieser in den einzelnen Teilen des Gebirges verschieden hoch liegenden Formen, könnte eine Lösung dieser Frage ermöglichen. Absenkungen, wie wir sie an der Südostabdachung der Gurktaler Alpen angenommen haben, bewirkten eine Auflösung des vorher einheitlichen Gebirges in einzelne Schollen; sie bedingten aber auch eine verschiedene Stellung der Schollen zum weiteren Prozeß der Abtragung. So mußten die verschiedenen Schollen infolge der tektonischen Veränderungen nachher getrennte Wege der Oberflächenentwicklung gehen. Die Behandlung des obigen Problems ist daher eine Voraussetzung für eine weitere, ins einzelne gehende Vergleichung der Oberflächenformen der einzelnen Schollen; gerade bei Beurteilung der tiefer liegenden Teile des Gebirges wird dies besonders zu beachten sein.

Das uns bisher über Talböden und Terrassen dieses Gebietes zur Verfügung stehende Beobachtungsmaterial ist zu dürftig, um an die Behandlung dieser Frage herantreten zu können. Es soll dies Gegenstand künftiger, besonderer Untersuchungen sein. Ich möchte hier nur auf ein solches Problem aus den östlichen Gurktaler Alpen hinweisen.

Im Paalgraben liegt unter den durch die Auslaufrücken festgelegten Ebenheiten der Talboden des Ebenwaldes. Im heutigen Tale selbst haben wir zwei Entwicklungsstadien erkannt, indem dem nördlichen Kerbtale im Süden eine Tallandschaft mit breiterem Boden (freilich auch stark glazial umgestaltet) und flachen Gehängen gegenübersteht. Wir sehen also hier in der Talentwicklung zwei Phasen mit Verbreiterung der Talsohle und darauf folgend, durch Tiefenerosion gekennzeichnete Phasen. Im Gebiete zwischen Gurk-

und Glödnitztal finden wir unter den Auslaufrücken einen hohen Talboden. Im nächst östlichen Gebiete zwischen Gurk- und Metnitztale liegt ein alter Talboden zwischen 900 und 1000 *m*; es war nur im westlichen Teile dieser Gruppe möglich zu zeigen, daß die Auslaufrücken in keiner Beziehung zu diesem Talboden stehen, während im östlichen Teile darüber keine Sicherheit gewonnen werden konnte. Auch zu beiden Seiten des Wimitztales tritt dieser Talboden auf; die übrigen Formen dieses Gebietes erscheinen aber noch nicht hinreichend aufgeklärt. Es ergibt sich nun die Frage, können wir den Talboden von 900 bis 1000 *m* mit dem des obersten Gurktales in rund 1400 *m* parallelisieren, und weiter, in welcher Beziehung steht dieser letztere zu den Entwicklungsstadien des Paalgrabens? Aus der Lösung dieser Fragen müßte sich ergeben, in welchem Entwicklungsstadium die Teile des Gebirges von den Absenkungen betroffen wurden, ferner ob wir eine oder mehrere Störungsphasen anzunehmen haben. So würde sich dann auch ein Vergleich der Kammformen der tiefsten Scholle mit den höheren durchführen lassen.

Eine Parallelisierung der Talböden wird aber nur auf einem Umwege über die benachbarten Gebiete möglich sein. So wären die Talböden auf der Nordseite der Gurktaler Alpen im Murtale und im nördlichen Paralleltale zu verfolgen. Ob dies bis in das Becken von Judenburg möglich ist, oder ob, wie Österreich und Slanar (16) meinen, die Fortsetzung der Talterrassen des oberen Murgebietes über die Senke von Neumarkt im Draugebiet zu suchen ist, möge noch dahingestellt bleiben. Auf der Süd- und Ostseite der Gurktaler Alpen ergeben sich natürlich mannigfache Beziehungen zu den Terrassen des Draugebietes.

Erst nach einer solchen Parallelisierung könnte man an die Frage nach dem geologischen Alter der Talböden und hohen Ebenheiten, anderseits der jungen tektonischen Störungen herantreten. Unmittelbare Beziehungen zu jüngeren Tertiärschichten könnten sich ergeben im Klagenfurter Becken (Saltnitz Konglomerat) und im Lavanttale; im Murgebiete würden, abgesehen von den ausgedehnten Tertiärablagerungen abwärts von Judenburg, die Tertiärschichten im nördlichen Paralleltale (bei Oberwölz und Schöder) und im Lungau Anhaltspunkte dafür ergeben.

Ohne hier weiteren Untersuchungen vorgreifen zu wollen, möchte ich doch die Ansicht aussprechen, daß die meisten der hochgelegenen Talterrassen in den östlichen Alpen jünger sind als das Braunkohlen führende Miozän. Ich habe diese Meinung schon früher (17) für die Umwandung der Grazer Bucht, die Mur-Mürzfurche und das Lavanttal vertreten. Seither hat mir für die Grazer Bucht Winkler (18) beigestimmt, der mit mir die dortigen alten Talböden für pliozän hält. Für das innere Gebirge glaube ich eine Bestätigung meiner Ansicht finden zu können in den Ausführungen von Petraschek (19). Dieser Forscher zeigt, daß das Miozän im Inneren der Alpen durchwegs sehr beträchtliche Störungen erfahren hat. Er hält die miozänen Süßwasserschichten nicht für Ablagerungen eines Flußsystems, sondern für Überreste einer früher weiter ausgedehnten Sedimentdecke. Nach dieser Auffassung wäre das Miozän nicht in Tälern abgelagert worden, aus denen sich die heutigen Täler unmittelbar entwickelt hätten, sondern das Relief des Gebirges war damals ein ganz anderes. Man müßte sich nach dieser Auffassung denken, daß damals zwischen Erhebungen weite flache Mulden bestanden, die von den miozänen Seen eingenommen waren. Darauf erfolgte eine umfassende tektonische Umformung des Gebirges, bei der das Miozän gehoben und abgesenkt, zum Teil auch eingeklemmt wurde. Für die Entwicklungsgeschichte der Gebirgsoberfläche müßte sich aber daraus ergeben, daß erst diese jüngeren tektonischen Veränderungen jene Epoche der Abtragung eingeleitet haben, der die heutigen Täler ihre Entstehung verdanken. Es soll damit allerdings nicht gesagt sein, daß es ausgeschlossen ist, in den einzelnen Gebirgsstöcken noch Formen eines vormiozänen Reliefs zu erkennen; die Talterrassen selbst müßten aber wohl fast durchwegs jünger sein. Daß dies wenigstens in vielen Fällen zutrifft, kann man an den Talterrassen der Gegend von Leoben und im Mürzgebiet erkennen.

Die jungen tektonischen Linien der Gurktaler Alpen im Zusammenhang mit tektonischen Linien der übrigen östlichen Alpen.

Bei den oben angenommenen jungen tektonischen Veränderungen handelt es sich jedenfalls meist nur um Verbiegungen, vielleicht um Flexuren, kaum aber um ausgesprochene Verwerfungen. Wenn wir also diese Verbiegungen durch tektonische Linien festlegen wollen, so können wir nirgends den bestimmten Verlauf einer solchen Linie angeben, sondern müssen uns mit einer annähernden Angabe begnügen; deutlich tritt nur die Streichrichtung der Verbiegungen hervor.

In den Gurktaler Alpen selbst begegnen wir im wesentlichen zwei Richtungen, nämlich der von NW nach SO und der von SW nach NO, beziehungsweise WSW nach ONO. Schon in der Begrenzung der innersten Zone unseres Gebirges mit den größten Gipfelhöhen gegenüber den flacheren randlichen Teilen sind diese beiden Richtungen hervorgetreten. Die ungleiche Höhe der Ebenheiten läßt ebenfalls auf tektonische Wirkungen schließen. Die diesbezüglichen Verbiegungen auf der Nordseite des Gebirges lassen aber eine Festlegung von tektonischen Linien nicht zu. Deutlicher treten solche auf der Südseite hervor. Wenn unsere Auffassung über die Oberflächengestaltung der Bergzüge Tschiernock—Millstätter Alpe und des Mirnocks richtig ist, liegt hier das Niveau der Ebenheiten tiefer als im inneren Teile des Gebirges und als Streichrichtung einer hier anzunehmenden Verbiegung würde annähernd die

NW—SO-Richtung gelten können, ungefähr entsprechend dem Talzuge des Afritztales und seiner Fortsetzung gegen NW. Östlich davon sehen wir das Gebirge in den Stöcken des Wöllaner Nock und der Gerlitzen stufenweise gegen S absinken, und zwar an WSW—ONO streichenden Linien, die ebenfalls in gleichgerichteten Talzügen wieder zum Ausdruck kommen.

Viel sicherer ist aber die Aufstellung tektonischer Linien an der Südostseite des Gebirges. Wir haben oben gesehen, daß die Gruppe zwischen dem Gurk- und Metnitztale sowohl im W als auch im N von höherem Gebirge umgeben ist und haben sie als eine abgesenkte Scholle betrachtet. Die Absenkung muß also an zwei Linien vor sich gegangen sein, im W an einer NW—SO ziehenden, die annähernd mit der Richtung des Gurktales zwischen Pattergassen und Gnesau übereinstimmen würde, im N an einer aus der Gegend der Ebene Reichenau gegen ONO bis NO ziehenden Linie. Die weitere Fortsetzung dieser Linie gegen NO trennt den Kamm des Dorferecken—Mödringberg von den höheren Bergen zu beiden Seiten der Flattnitz und weiterhin die Metnitzer Alpen von dem höheren Bergzuge Lichtberg—Prankerhöhe—Frauenalpe. Diese Linie Ebene Reichenau—Murau bestimmt also annähernd das Streichen der Absenkung der höchsten der südöstlichen Gebirgsschollen. Schwieriger ist eine entsprechende Linie für die tiefste Scholle festzulegen. Wir nehmen sie zunächst parallel der vorhergehenden aus der Gegend von Gnesau nach NO bis in die Gegend von Grades im Metnitztale streichend an, von wo dann eine Umbiegung gegen O eintreten dürfte. Ob es berechtigt ist, auch in den Begrenzungen der Flur von 1400 bis 1500 tektonische Linien zu sehen, scheint mir fraglich; es handelt sich bei dieser Flur vielleicht weniger um eine selbständige Scholle, sondern mehr um ein Übergangsglied zwischen der höheren und tieferen.

Es wurde schon in der Einleitung hervorgehoben, daß die Gurktaler Alpen ringsum von höheren Gebirgsteilen umgeben sind, nur im SO an das Klagenfurter Becken grenzen. Wir können aber die Gurktaler Alpen samt dem westlichen Teile des Tamsweg-Seckauer Höhenzuges, dem Höhenzuge westlich des Görtschitztales und dem Klagenfurter Becken als eine höhere Einheit innerhalb der Ostalpen auffassen, als eine ringsum von höheren Gebirgszügen begrenzte Scholle, in sich aber mehrfach verbogen und durch Absenkungen wieder in einzelne Schollen geteilt. Daß die Begrenzungen dieser großen Scholle durchwegs tektonischer Art sind, liegt auf der Hand. Für den Südrand, also gegenüber den Südlichen Kalkalpen ist die tektonische Natur schon durch den Schichtbau gegeben; das im ganzen NW—SO gerichtete Streichen der Zentralalpen schneidet hier an den von W nach O ziehenden Strukturlinien der Kalkalpen ab. Für uns handelt es sich aber mehr um die Höhenverhältnisse und wir gehen wohl nicht fehl, wenn wir die Grenze der Kalkalpen gegen das Klagenfurter Becken mit jungen tektonischen Veränderungen in Zusammenhang bringen. Bei der Westbegrenzung, wo sich die Gurktaler Alpen am schärfsten gegen höheres Gebirge abheben, wurde schon eingangs auf die Beziehung zur Katschberglinie hingewiesen. Auch hier dürfen wir den Höhenunterschied wohl nicht durch jene tektonischen Vorgänge erklären, die sich im Schichtbau erkennen lassen und die Geyer zur Aufstellung der transversal gerichteten Katschberglinie veranlaßt haben, sondern müssen ebenfalls an jüngere Bewegungen denken; eine ihnen entsprechende Linie wäre über die Thorscharte ungefähr zum Katschberg zu ziehen, hat also die Richtung SW—NO. Daß wir den Nordrand gegen die Niederen Tauern auch tektonisch erklären müssen, wurde früher dargetan; hier handelt es sich um eine W—O, dann allmälich gegen ONO streichende Linie. In der gleichen Weise ist der Ostrand gegenüber dem Zuge der Seetaler Alpen und Saualpe aufzufassen; hier handelt es sich um eine meridional gerichtete, dem Götschitztale folgende tektonische Linie. Dieser Ansicht begegnen wir auch bei Diener (6), der die Konfiguration der Kämme der Saualpe und auch der Koralpe auf meridionale Querbrüche zurückführt. Wenn er dabei auf die von Höfer (20) in der Gegend von Eberstein und im Lavanttale nachgewiesenen meridionalen Brüche verweist, so erscheint es uns, wenigstens für das Görtschitztal, noch fraglich, ob die mit diesen Brüchen zusammenhängenden Bewegungen auch die Ursache der heutigen Höhenunterschiede sind, oder ob wir nicht auch hier jüngere Bewegungen an den alten Linien annehmen müssen.

Im Bereiche der Gurktaler Alpen und ihrer Umgebung sehen wir also das Auftreten junger tektonischer Linien mit Richtungen, die auch sonst in den östlichen Alpen vielfach hervortreten. Der Richtung NW—SO folgt das Faltenstreichen der östlichen Hohen Tauern, ebenso auch des Glimmerschieferzuges, der aus den Sölker Tauern in das Gebiet der Seetaler Alpen—Saualpe und Stubalpe—Koralpe zieht. Daß diese Richtung auch in der Tektonik des Grazer Paläozoicums und des Tertiärs der Grazer Bucht eine Rolle spielt, wurde von Heritsch (21), beziehungsweise von Winkler (22) nachgewiesen. Welche Rolle die SW—NO-Richtung im Gebirgsbau der östlichen Alpen spielt, ist längst bekannt. Wir sehen sie im Streichen der krystallinen Gesteine der Glainalpe und zu beiden Seiten des Mürztales, endlich auch im nordöstlichen Teile der Grauwackenzone. Es ist weiter bekannt, daß innerhalb dieser Züge zum Teil mit heutigen Tälern zusammenfallend, das Tertiär an Linien dieser Richtung abgesunken erscheint. Es handelt sich dabei jedenfalls um mehrere parallele Linien mit einzelnen grabenförmigen Einsenkungen dazwischen, wenn wir auch nicht annehmen dürfen, daß der Talzug Mur-Mürzfurche eine einzige grabenförmige Versenkung darstellt. Mit diesen Fragen hat sich erst jüngst Stiny (23) beschäftigt; er hat gezeigt, das parallel zum Mürztal im oberen Feistritzgebiet Tertiär zwischen solchen Linien im krystallinen Grundgebirge eingesenkt ist und hat diese Linien als Waldheimatlinie zusammengefaßt. Mit einer anderen Parallellinie zwischen dem Rennfeldzuge und dem Breitenauer Graben, der Eyweglinie, hat uns Schmidt (24) bekanntgemacht. — Wie alle diese Linien mit jenen zusammenhängen, an denen der Einbruch des Wiener Beckens erfolgte, ist vielfach erörtert worden. Daß diese Richtungen auch im Bereiche des Grazer Paläozoicums und der tertiären Grazer Bucht hervortreten, wissen wir aus den Arbeiten von Heritsch und Winkler (s. oben).

Ich möchte noch darauf hinweisen, daß auch der Südrand der nördlichen Kalkalpen von Trofayach bis ins Wiener Becken diese Richtung besitzt. Die Kalkalpen erheben sich hier mit einer mehr oder weniger einheitlichen Mauer über das vorliegende, der Grauwacken- und Zentralzone angehörende Gebirge, und zwar betrifft das nicht nur die aus Triasgesteinen aufgebauten Kalkalpen, sondern es gehört dazu auch ein Teil der paläozoischen Eisenerzer Alpen, wenigstens der Stock des Reichenstein. Dieser bildet mit den Plateaus des Hochschwab eine morphologische Einheit, zusammengefaßt durch die Gleichheit der Abtragformen im Kleinen wie im Großen, mögen auch die tektonischen Schicksale des paläozoischen und mesozoischen Teiles während der Gebirgsfaltung noch so verschieden gewesen sein. Es kann nur ein jüngerer tektonischer Vorgang diese Gebiete verschiedener Zusammensetzung und verschiedenen Baues zu einer Einheit zusammengeschweißt und über die Umgebung hinausgehoben haben. Ob wir hier wie beim Südrand der Niederen Tauern, verleitet durch die auffällige Schärfe des Randes im Landschaftsbilde an eine Verwerfung oder nur an ein Flexur als Ursache des Höhenunterschieds denken dürfen, möchte ich noch dahingestellt sein lassen. Im einzelnen ist der Rand ein Werk der Denutation und wir haben keine Bruchstufe, sondern eine Denutationsstufe vor uns.

Im Mur- und Mürzgebiete sehen wir an einigen Linien noch die im Südrande der Niederen Tauern auftretende W—O-Richtung. Schmidt (a. o. O.) hat uns im Gebiete der Brucker Hochalpe mit zwei auch in der Oberflächengestaltung zur Geltung kommenden Linien, der Trasattellinie und der Pöller Linie, bekanntgemacht. Er vermutet ihre Fortsetzung gegen W noch in das Gebiet des Tertiärs von Seckau. Parallel dazu finden wir noch andere, zum Teil auch mit Tertiärablagerungen zusammenhängende Linien, so im Gebiet von Parschlug (25). Von hier folgt das Tertiär von Winkl bei Kapfenberg einer Linie nach W gegen Steg im Lammingtale und eine weitere Fortsetzung gegen W erscheint gegeben durch die von Vetters (26) nachgewiesene Trofayachlinie. — Es sei noch darauf hingewiesen, daß auch parallel zum Südrande der Niederen Tauern Miozän zum Teil gestört in der Tiefe liegt. Möglicherweise handelt es sich auch hier um kleinere Störungslinien, deren geologischer Nachweis bisher nicht erfolgt ist.

Daß die meridional streichende Görtschitzlinie eine Parallele in den jungen Bruchlinien des Lavanttales besitzt, wurde bereits angedeutet.

Wir haben hier gesehen, daß dieselben Richtungen, die wir an den in den Gurktaler Alpen auf dem Wege einer geomorphologischen Untersuchung gefundenen tektonischen Linien gefunden haben, auch sonst im Gebirgsbau der östlichen Alpen zahlreich wiederkehren. Es soll damit aber keineswegs gesagt sein, daß sich an diesen Linien annähernd gleicher Richtung tektonische Vorgänge zur selben Zeit und der gleichen Art abgespielt haben; aber es scheint, daß mehrfach an denselben Linien oder wenigstens parallel dazu in späterer Zeit Vorgänge anderer Art gewissermaßen posthum eingetreten sind. Wir werden daher wohl annehmen müssen, daß darin eine gemeinsame Ursache im Grundplan für den Aufbau des Gebirges ausgedrückt ist.

Zusammenhang von Talrichtungen mit tektonischen Linien.

Noch eine andere Erscheinung soll in diesem Zusammenhang kurz besprochen werden. Es wurde hier schon mehrfach auf die merkwürdigen Talzüge im südlichen Teile der Gurktaler Alpen hingewiesen, von denen das Afritztal mit seiner nordwestlichen Fortsetzung der Richtung NW—SO, das Klein-Kirchheimer und Teuchental und die kurze Einsenkung Puch—Winklern darauf senkrecht, der Richtung WSW—ONO folgen. Der letzteren Richtung folgt übrigens auch das Gurktal von Sirnitz bis Zwischenwässern, das Wimitztal und endlich die Furche Ossiacher See—Glantal. Daß diese Richtung in der jungen Tektonik unseres Gebietes eine Rolle spielt, wurde oben gezeigt und es ist daher wohl ein Zusammenhang beider Erscheinungen naheliegend. Solche Zusammenhänge sind ja schon vielfach hervorgehoben worden; es sei hier nur auf einige andere besonders auffällige Talrichtungen in der Nachbarschaft hingewiesen. Wir finden die NW—SO-Richtung im unteren Mölltal und dann fortgesetzt im Drautale abwärts bis Villach, ferner im Maltatale und im Radlgraben, im oberen Liesertale, im obersten Mur-, Zederhaus- und Taurachtal, ferner weiter östlich, schon oft von verschiedenen Autoren hervorgehoben, in den unteren Talstrecken des Ranten-, Katsch- und Wölzerbaches, dann im unteren Pöls- und Ingeringtale, dann im oberen Lavanttale, ferner im unteren Liesing-, Vordernberger- und Lammingtale usw. Die meridionale Richtung der Görtschitzlinie sehen wir nicht nur im Görtschitztale selbst, sondern auch im Olsa- und Metnitztale, endlich auch im oberen Pölstale. Wie die Furche der Mur—Mürz mit der Richtung der nach NO streichenden Linien übereinstimmt, wurde schon betont. In der Richtung des Murtales von St Michael i. L. abwärts (abgesehen von der kurzen meridionalen Richtung südlich von Tamsweg) bis Scheifling und in den nördlichen Parallelfurchen spiegeln sich der Südrand der Niederen Tauern und vielleicht dazu parallele tektonische Linien wieder.

Auch für andere auffällige Talrichtungen wurden schon solche Beziehungen gezeigt. **Stiny** (a. o. O.) hält es für wahrscheinlich, daß das Ennstal oberhalb Admont mit tektonischen Erscheinungen zusammenhängt und auch das Salzachtal scheint in Beziehungen zur Tektonik des Nordrandes der Hohen Tauern zu stehen (vgl. Löwl [27]). Beispiele dieser Art ließen sich noch leicht vermehren und es wäre sicher eine dankbare Aufgabe, diesen Zusammenhängen nachzugehen.

Es ist also sicher, daß Zusammenhänge zwischen tektonischen Erscheinungen und Talrichtungen bestehen, nur fragt es sich, worin das Wesen eines solchen Zusammenhanges besteht. Wir sehen vielfach in solchen Tälern Tertiär in der Tiefe; zum Teil sind grabenförmige Einsenkungen nachgewiesen oder nur vermutet. In manchen solchen Talzügen sehen wir geradezu eine Häufung von parallelen tektonischen Linien, was zur Vorstellung einer direkten tektonischen Entstehung der Talzüge führen könnte. Doch so einfach liegen die Verhältnisse gewiß nicht.

Ein wesentlicher Fortschritt in der Beurteilung dieser Verhältnisse scheint aber angebahnt durch den Nachweis von Zerrüttungslinien (dieser Ausdruck stammt aus der technischen Geologie; vgl. auch den Ausdruck Quetschzonen). Schmidt (a. o. O.) hat für die südliche Umgebung von Leoben die schon genannte Trasattellinie und die Pöllerlinie und für das Rennfeldgebiet die Eyweglinie nachgewiesen und Stiny (a. o. O.) hat uns für das Gebiet der Pretulalpe mit der Waldheimatlinie und noch mit anderen zum Mürztale parallelen Linien bekanntgemacht. Beide Forscher zeigen, daß an diesen Linien eine weitgehende durch tektonische Vorgänge bedingte Zerrüttung im Gesteinsgefüge eingetreten ist. Alle diese Linien machen sich aber auch auffällig in der Oberflächengestaltung geltend, zum Teil in der Art, daß damit heutige Talstrecken übereinstimmen, zum Teil so, daß ihnen Einsenkungen oft senkrecht zum Kammverlauf folgen, wobei es zunächst unentschieden bleiben möge, ob es sich um alte Talstrecken oder nur um Einsenkungen infolge rascherer Zerstörung handelt. Wie mir Herr Dr. Stiny persönlich mitzuteilen die Liebenswürdigkeit hatte, sind solche Zerrüttungslinien im Gebirge viel häufiger, als bisher bekannt geworden.

Der Einfluß solcher Zerrüttungslinien auf die Talbildung ist naheliegend; sie müssen bei Übereinstimmung in der Richtung die Erosion in Abdachungstälern beträchtlich fördern, wie sie auch Anlaß zur Entwicklung nachfolgender (subsequenter) Talstrecken sein können. Da nun an den meisten tektonischen Linien eine solche Gesteinszerrüttung eingetreten sein dürfte, liegt es nahe, die Ursache des Zusammenfallens von Talrichtungen mit der Richtung der tektonischen Linien in der Zerrüttung des Gesteins zu sehen; die Erosion schritt in der Richtung solcher Linien rascher fort und es entstanden auffällige Talstrecken gerader Richtung mitten zwischen gekrümmten Strecken. Wo eine Kreuzung solcher Linien herrscht, wie gerade im südlichen Teile der Gurktaler Alpen, spiegelt sich dies auch im Talnetz wieder. Die Wasserscheiden wurden an

Zerrüttungslinien rascher erniedrigt und dann durch das Überfließen der Eisströme weiter abgetragen, so daß man heute kaum in der Lage ist, zu entscheiden, welche Talrichtung die ältere ist und welche Veränderungen sich im Laufe der Entwicklung abgespielt haben.

Zerrüttungslinien, in anderen Fällen vielleicht auch junge, grabenförmige Absenkungen, Einklemmung von später ausgeräumten Tertiärschichten gestalten das Bild zu einem überaus verwickelten und bieten der Forschung sehr schwierige Aufgaben.

Wir haben in den Gurktaler Alpen über hohen Talbodenresten in hoher Lage alte Ebenheiten gefunden, die meist nur mehr von geringen Erhebungen überragt wurden. Zu einer ähnlichen Auffassung scheint fur die Gurktaler Alpen und weiter drauaufwärts für andere Gebirgsteile auch Slanar gelangt zu sein (a. o. O.). Er spricht davon, daß man in den Gruppen der Seetaler Alpen, der Saualpe und Koralpe die Reste einer schief gestellten Einebnungsfläche, die nur von ganz flachen Kuppen überragt wird, erkennen könne (vgl. damit auch Winkler [18]). Ob man so allgemein bei diesen Gebieten von Einebnungsflächen und deren Schiefstellung sprechen darf, möchte ich bezweifeln; sicher ist aber, daß überall ein altes, flaches Relief vorliegt. Ein solches beherrscht auch nach Götzinger (28) die Plateaus der Nördlichen Kalkalpen. Ich habe in der Umrandung der Grazer Bucht alte, hochgelegene, von mir und Winkler für pliozän gehaltene Tallandschaften nachgewiesen. Es scheint nun, daß im Gebiete südlich der Pretulalpe und des Wechselstockes noch höhere Spuren eines flachen Reliefs auftreten; vielleicht können wir auch in den flachen Formen der sogenannten Buckligen Welt, östlich des Wechselstocks, die Reste einer solchen Landoberfläche erkennen (vgl. hier auch die Arbeiten von Winkler [22] und von Sölch [28]).

Wir sehen also weithin über die Ostalpen nach Westen bis ins Brennergebiet (vgl. Klebelsberg a. o. O.) die Spuren eines alten Reliefs verbreitet. Inwieweit es sich um einander entsprechende Formen handelt, und welches geologische Alter ihnen zukommt, dies zu entscheiden sind unsere Kenntnisse noch zu lückenhaft (vgl. noch Winkler [29] und Machatschek [30]). Was den Charakter dieses alten Reliefs betrifft, können wir wohl mit Sicherheit sagen, daß es sich nicht um eine Rumpffläche handelt. Wir sehen überall deutliche Kämme aus den Ebenheiten aufragen. In manchen Fällen könnte es allerdings zweifelhaft erscheinen, ob die Kämme schon dem alten Relief angehören oder ob sie nicht später gehobene oder aufgewölbte Teile davon darstellen.

Im Bereiche der Gurktaler Alpen haben wir erkannt, daß gegen das Klagenfurter Becken Teile abgesunken sind und im

Norden zwischen diesem Gebirge und den Niederen Tauern ergibt sich eine Zone mannigfacher Absenkungen gegenüber dem Gebirge im N und S und auch von W nach O. In dieser Zone liegt Tertiär sicher gestört; wahrscheinlich ist auch hier wie in der Mur-Mürzfurche und im Lavanttale mit jungen Brüchen zu rechnen. Es erscheint uns so diese Zone als ein Streifen größerer Beweglichkeit gegenüber dem Gebirge im N und S davon. Ähnliche Zonen dürften sich auch sonst noch im Bereiche der Alpen nachweisen lassen. Wenn wir so auffällige Züge im Antlitz der Alpen als tektonisch begründet betrachten, so ergeben sich doch bedeutende Schwierigkeiten, sobald wir die Einzelheiten der Talbildung mit den tektonischen Vorgängen in Beziehung bringen wollen. Es besteht dabei immer die Gefahr direkte Beziehungen dort festzustellen, wo ein Zusammenhang nur durch Vermittlung einer Reihe weiterer Vorgänge und Erscheinungen besteht. Vor allem ist darauf zu verweisen, daß die tektonischen Veränderungen nach der Ablagerung des inneralpinen Miozäns den Zusammenhang der Entwicklung des heutigen Reliefs mit den älteren tektonischen Vorgängen unterbrochen haben. Vielleicht wird es möglich sein, durch eine Formenanalyse der einzelnen Gebirgsstöcke über diese Schwierigkeiten leichter hinwegzukommen, als wenn die Untersuchung direkt an die Längstalzüge anknüpft. Penck (31) hat uns übrigens einen Weg gewiesen, wie die einzelnen Gebirgsschollen miteinander verglichen werden können. Vielleicht ergibt sich daraus, inwieweit wir für die jüngere Tektonik die Bildung von Großfalten annehmen dürfen, und ob sich in deren Rahmen die übrigen jüngeren Störungen einordnen lassen.

Zum Schlusse möchte ich noch auf die Tatsache hinweisen, daß wir aus den hochgelegenen Talterrassen auf eine oft überaus große Breite der Talböden schließen müssen, was schon oft hervorgehoben wurde. Alle bisher herangezogenen Gründe dürften aber nicht ausreichen, diese Erscheinungen hinreichend zu erklären. Es sei mir gestattet, die Frage aufzuwerfen, ob es richtig ist, beim Studium der Entwicklungsgeschichte der Alpenoberfläche auch für die älteren Phasen die gleiche Abtragungsart anzunehmen wie für die geologische Gegenwart, oder ob wir nicht dabei an die Wirkung anderer, einem abweichenden Klimatypus entsprechenden Faktoren denken müssen.

Literaturverzeichnis.

1. **Geyer** G., Verh. der geol. R.-A. 1892, 1893.
2. **Böhm** A., Einteilung d. Ostalpen. Geogr. Abh., I/2, Wien, 1857.
3. **Penck-Bruckner**, Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig, 1909.
4. **Krebs** N., Länderkunde d. österr. Alpen. Stuttgart, 1913.
5. **Heritsch** Fr., Geologie von Steiermark. Graz, 1921.
6. **Diener** C., Bau und Bild der Ostalpen u. d. Karstgebietes. Wien-Leipzig, 1903.
7. **Canaval**, Corinthia. 1887, 1901, 1904.
8. **Richter** E., Pal. Mitt. Ergh. Nr. 132.
9. **Sölch** J., Biblioth. Geogr. Handbücher. N. F. Penck, Festband, 1918.
10. **Klebelsberg** v., Z. D. u. Ö. A. V. 51. Bd., 1920.
11. **Aigner** A., Z. f. Gletscherkunde.
12. **Distel** L., Die Formen alpiner Hochtäler, insbesondere im Hohen Tauerngebiet. Mitt. Geogr. Ges. München. Bd. VII, 1912.
13. **Ampferer** O., Z. D. u. Ö. A. V. 46. Bd., 1915.
14. **Creutzburg** N., Die Formen der Eiszeit im Ankogelgebiet. Ostalpine Formenstudien. Abt. 2, H. 1, 1921.
15. **Österreich** K., Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. Bd. 49, 1899.
16. **Slanar** H., Mitt. Geogr. Ges. Wien, 1916.
17. **Aigner** A., Jahrb. d. geol. R.-A. Jahrg. 1916.
18. **Winkler** A., Jahrb. d. geol. R.-A. 71. Bd., 1921 und Akadem. Anzeiger, Wien, 1921.
19. **Petraschek** W., Jahrb. d. geol. R.-A. 70. Bd., 1920.
20. **Höfer** H., Sitz.-Ber. k. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Kl., Bd. CIII, Wien, 1894 und Jahrb. geol. R.-A. 1891, Bd. 42.
21. **Heritsch** Fr., Mitt. d. naturwiss. Ver. f. Steiermark. Jahrg. 1905.
22. **Winkler** A., Jahrb. d. geol. R.-A. 71. Bd., Wien, 1921.
23. **Stiny** J., Centralbl. f. Miner., Geol. u. Pal. 1922.
24. **Schmidt** W., Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., Abt. I, 129. Bd., 1920.
25. **Gaulhofer** K. u. **Stiny**, Mitt. Geolog. Ges. Wien. IV, 1912.
26. **Vetters** H., Verh. geol. R.-A. 1911, H. 7.
27. **Löwl** F., Jahrb. d. geol. R.-A. 1895.
28. **Sölch** Joh., Forschg. zu d. Landes- u. Völkerkde. 21. Bd., 1917 u. Verhdlg. d. 18. D. Geogr. Tages. Innsbruck, 1912.
29. **Winkler** A., Mitt. Geol. Ges. Wien, VII, 1914.
30. **Machatschek** Fr., Z. Ges. f. Erdkde. Berlin, 1916.
31. **Penck** A., Sitz.-Ber. Preuß. Akad. d. Wiss. 1919, XVII.

Einige seit Fertigstellung der Arbeit (März 1922) erschienene Veröffentlichungen konnten nicht mehr berücksichtigt werden.

Gedruckt auf Kosten des Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Das Unterbleiben der Keimung in den Behältern der Mutterpflanze

Von

Heinz Oppenheimer

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien
Nr. 184 der zweiten Folge

(Mit 1 Tafel)

(Vorgelegt in der Sitzung am 22. Juni 1922)

Einleitung.

In den »Pflanzenphysiologischen Mitteilungen aus Buitenzorg«, die J. **Wiesner** im letzten Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts veröffentlichte, findet sich eine Schrift, die er »Vergleichende physiologische Studien über die Keimung europäischer und tropischer Arten von *Viscum* und *Loranthus* nennt. Hier beschäftigt er sich u. a. mit den Ursachen des langen Keimverzugs von *Viscum album* und schließt aus der Beobachtung, daß schleimfreie Samen dieser Spezies besser keimen als mit Schleimhülle versehene, auf das Vorhandensein einer in dem Schleim auftretenden Substanz, die »eine Hemmung der Keimung« bewirke.

Über die »biologische Verwertung« seiner Beobachtung äußert sich **Wiesner** folgendermaßen: »Eine solche die Keimung hemmende Substanz erscheint gerade für Samen, welche, ohne von einer harten Schale oder von einer für Wasser undurchgängigen Hülle umkleidet zu sein, in einem wasserreichen Fruchtfleisch liegen, notwendig. Denn solche Samen sind, wie wir gesehen haben, zur Zeit der Reife so wasserreich, daß ihrer Keimung nichts im Wege steht. Denn ist der Samen keimfähig, besitzt er die nötigen Wassermengen, so benötigt er nur die Keimungstemperatur und Sauerstoff, um keimen zu können. Speziell die Mistelsamen bedürfen außerdem noch des Lichtes.« Daß unter diesen Umständen die Keimung nicht bereits zur Herbstzeit eintritt, erklärt sich

Wiesner durch Annahme eines Hemmungsstoffes, einer Substanz, welche den Keimungsprozeß aufhält.

Die hier von Wiesner aufgestellte Hypothese wurde von Heinricher nachhaltig bekämpft und tatsächlich darf es nach den Untersuchungen dieses ausgezeichneten Kenners unserer phanerogamen Parasiten als bewiesen gelten, daß von einer »durch innere Bedingungen bewirkten Ruheperiode« bei dem Samen von *Viscum album* nicht mehr die Rede sein kann. Die Erscheinung, die Wiesner zur Aufstellung seiner Hypothese von der Hemmungssubstanz führte, muß auf andere Weise erklärt werden.[1]

Fragestellung.

So hat sich denn der Gedanke Wiesners für die Mistel als irrig erwiesen und die Forschung beschäftigte sich nicht mehr mit ihm. Erst Molisch stellte das Problem von neuem. Nach ihm ist es eine »höchst auffallende Erscheinung«, daß die meisten Samen in den Früchten nicht zur Keimung gelangen, während sie auf Erde oder auf feuchtem Filtrierpapier leicht zur Keimung zu bringen sind. Was verhindert besonders in fleischigen Früchten die Keimung der Samen? Ist es der Sauerstoffmangel? Befinden sich die Samen infolge osmotischer Verhältnisse in einem physiologisch trockenen Medium? Oder »hemmen die Stoffe des Fruchtfleisches die Keimung«?

Molisch erkannte weiter, daß das gleiche Problem des Unterbleibens der Keimung von Fortpflanzungskörpern in den Behältern der Mutterpflanze auch für trockene Früchte und die Sporangien der Kryptogamen besteht. Besonders aber hatte ihm seit längerer Zeit die Beobachtung zu denken gegeben, daß die Brutknospen der *Marchantia polymorpha* lange Zeit fertig ausgebildet in den Bechern liegen können, ohne auszukeimen, während die Keimung in wenigen Tagen einsetzt, sowie man die Brutkörper den Bechern entnimmt und auf Erde oder feuchtem Filtrierpapier sich selbst überläßt. Sind doch hier zweifellos alle äußeren Bedingungen zur Keimung gegeben. Bei diesem Objekt schien die Annahme von Hemmungsstoffen geradezu zwingend.

Molisch stellte mir nun die Aufgabe, die Verbreitung und die Ursachen der eben erwähnten Erscheinungen aufzuklären. Die Ergebnisse meiner Untersuchungen und ihre kritische Betrachtung bilden den Inhalt der vorliegenden Arbeit.

Sie ist weit davon entfernt, eine erschöpfende Darstellung und eine vollständige Lösung des Problems zu bringen, die erst nach jahrelanger Arbeit unter Mitwirkung von Chemikern sich wird gewinnen lassen. Hier handelt es sich um eine allgemeine Umgrenzung der Frage, in deren Rahmen sich die folgenden Versuche einordnen, ferner eine Zusammenstellung der wichtigsten Schriften jener Forscher, die auf benachbarten Gebieten gearbeitet haben und deren Kenntnis für die Lösung des Problems wesentlich erscheint und endlich um einige Versuche, die nach Feststellung einer einfachen, aber brauchbaren Methodik zu immer zuverlässigeren Ergebnissen führten. Es ist mir ein dringendes Bedürfnis, Herrn Prof. Dr. Hans Molisch, meinem hochverehrten Lehrer, und ebenso Herrn Dr. G. Klein, Privatdozenten am Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien, für ihre ständige Förderung und Führung an dieser Stelle meinen ergebensten und herzlichsten Dank auszusprechen.

---

[1] Heinricher E.: Über den Mangel einer durch innere Bedingungen bewirkten Ruheperiode bei den Samen der Mistel (*Viscum album* L.) Sitzungsber. Ak. d. Wiss. in Wien, Mathem.-naturw. Kl., I. 125. Wien, 1916.

Die Literatur über Keimung von Fortpflanzungskörpern am Orte ihrer Entstehung.

Die Angaben, die sich in der Literatur über die hier zu behandelnden Hemmungserscheinungen finden, sind außerordentlich spärlich. Außer der bereits erwähnten Arbeit Wiesners über *Viscum album* sind fast ausschließlich Leguminosen untersucht worden, deren Samen »in der Fruchthülle vertrieben zu werden pflegen«. Die Landwirtschaft hatte begreiflicherweise ein Interesse daran, zu erfahren, ob es vorteilhaft sei, solche Samen von den Hülsen zu befreien, bevor man zur Aussaat schreitet. Unter diesem Gesichtspunkte untersuchte bereits im Jahre 1877 v. Jasienski[1] unter Nobbe den Einfluß der Hülsen von *Onobrychis sativa* auf die von ihnen umschlossenen Samen und fand eine Verzögerung der Keimung. Mit dem gleichen Objekt arbeitete in jüngster Zeit Riviera[2] und kam zu dem gleichen Ergebnis. Von Gola[3] wurde für eine größere Anzahl Leguminosen festgestellt, daß ihre Samen in den Früchten keimen. Ich komme auf diese Arbeiten bei Besprechung eigener Versuche mit Leguminosen zurück.

Fehlt schon bei der zuletzt erwähnten Arbeit Golas der Vergleich mit gleichzeitig frei ausgesäten Samen, so beschränken sich die nun folgenden Angaben ausschließlich auf die Feststellung, daß Keimung in Früchten beobachtet oder aber experimentell hervorgerufen wurde. (Daß sich die älteren Autoren über das Ungewöhnliche ihrer Beobachtungen klar waren, geht nur aus der Tatsache hervor, daß sie diese einer Veröffentlichung für wert erachteten. Warum aber im normalen Ablauf die Keimung unterbleibt, wird nirgends einer Prüfung unterzogen.) So beobachtete **Schuch**[1] Samen der Steineiche, die im Becher sitzend, Wurzeln gebildet hatten und gibt an, daß **Nördlinger**[2] derartige Keimungen schon auf dem Baume festgestellt habe. **Treichel**[3] berichtet über das Auswachsen des Getreides (*Triticum sativum* und *Secale cereale*) auf dem Halm und **Ascherson**[4] über einen Fall von Keimung im Innern eines Apfels. **Savelli**[5] fand junge Pflänzchen in den Kapseln einiger Varietäten von *Nicotiana rustica* und erwähnt hierbei, daß er Keimlinge von *Citrus Limonum* in den Früchten der eigenen Art häufig beobachtet habe. Ebenfalls fand er bei *Zea Mays* Keimpflanzen von 3 *cm* Länge am Kolben der Mutterpflanze. In der Arbeit **Savellis** findet sich auch ein weiterer Hinweis auf eine Arbeit von **Mac Keller**[6] und eine Zusammenstellung über Fruchtkeimungen bei **Costerus**[7]. In diese Arbeiten habe ich keine Einsicht nehmen können.

---

[1] Nobbe und Haenlein, Über die Resistenz von Samen gegen die äußeren Faktoren der Keimung. Landwirtschaftliche Versuchsstationen, Bd. XX (1877).

[2] Riviera, Sopra le condizioni di sviluppo di alcuni semi e la funzione del guscio. Rivista di biologia, Bd. 4, H. 1, p. 14 bis 22 (1922).

[3] Gola, G., Ricerche sulla biologia e sulla fisiologia dei semi a tegumento impermeabile, Ac. R. d. scienze d. Torino. Turin 1905.

Molisch[8] beschreibt die Keimung von *Ardisia crenulata* in der Frucht, nach mündlicher Mitteilung haben **Schnarf** Fruchtkeimung bei einer terrestrischen Form von *Callitriche verna*, **Klein** bei *Cucumis sativa*, **Viereck** bei *Pisum sativum*, **Boerner** sogar bei einer unreif geernteten Frucht von *Solanum Lycopersicum* beobachtet. Bei *Theobroma Cacao* ist Fruchtkeimung häufig. **Modry**[9] erreichte die Auskeimung der Samen von *Phaseolus multiflorus* aus den grünreifen Früchten durch Äther und durch Einspritzung von Wasser oder gezuckerter Milch.

Alle diese Beobachtungen, so wesentlich ihre Kenntnis an sich erscheinen mag, sind nicht geeignet, uns der Lösung unseres Problems näher zu führen. Einblick ließ sich nur durch neue Experimente gewinnen.

Eigene Untersuchungen.

Bevor ich nun an die Darstellung meiner Versuche herangehe, möchte ich zunächst noch einige allgemeine Betrachtungen vorausschicken, die sich auf die Auswahl der Objekte und die von mir angewandte Methodik beziehen. Grundsätzlich ist festzustellen, daß fast alle Pflanzen, abgesehen von jenen, die sich nur durch Teilung oder Sprossung vermehren, in den Behältern ihrer Fortpflanzungskörper Hemmungserscheinungen zeigen könnten und daher in den Kreis der Untersuchung einzubeziehen wären. Praktisch liegen die Dinge aber für eine Untersuchung, die noch nicht den Anspruch erhebt, erschöpfend zu sein, wesentlich anders.

---

[1] **Schuch**, J., Keimen die Eicheln, solange sie sich auf dem Baum befinden' Termisset, Budapest 1876, Nr. 24, p. 336. Ungarisch. Zitiert nach **Just**.

[2] **Nördlinger**, Deutsche Forstbotanik, I, p. 261.

[3] **Treichel**, Über vorzeitige Keimung. Verhandlungen d. bot. Ver d. Prov. Brandenburg. XXII, Berlin 1880, p. XI bis XIII

[4] **Ascherson**, P., Keimung im Innern eines Apfels. Verhandlung des bot Ver. d. Prov. Brandenburg, Bd. XVII, Berlin 1875, p. 79 bis 80

[5] **Savelli**, R., Anomalie delle plantule e anomalie di germinazione in Nicotiana. Nuovo Giornale Bot Italiano, XXVII, Nr. 2 bis 4, 1920.

[6] **Mac Keller**. Melon with seeds germinating. Gard. Chronicle London 1898, p. 128.

[7] **Costerus**, Kieming van Zaaden binnen de vrucht, Gent. Bot. Jaarboek Dodonaea, Bd. 10, 1898, p. 135 bis 141.

[8] **Molisch**, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 3. Aufl 1920, p. 287 (Abbildung).

[9] **Modry**, A., Das Keimen von *Phaseolus*-Samen in der Frucht. Österr. bot. Zeitschr., Bd. LXIII, 1913, p. 451 bis 453 (Abbildung)

Zunächst sind alle jene Objekte auszuschließen, die Fortpflanzungskörper im Zustande voller Lebenstätigkeit entlassen. Wenn es auch nicht eben ausgeschlossen erscheint, daß etwa die Schwärmsporangien einer *Saprolegnia* Einrichtungen besitzen, die ein vorzeitiges Zur-Ruhe-Kommen und Keimen der Sporen im Sporangium ausschließen, so ist dies doch in höchstem Grade unwahrscheinlich und der Untersuchung unzugänglich. Auch spricht die Beobachtung Sauvageaus,[1] der die Schwärmsporen einer *Saccorrhiza* innerhalb des Sporangiums schwärmen sah, dagegen. Im gleichen Sinne dürfen wir bei höheren Pflanzen, die sich durch Viviparie auszeichnen, keine Hemmungserscheinungen erwarten.

Ferner sind aus praktischen Gründen alle jene Pflanzen auszuschließen, deren Samen eine längere, durch innere Ursachen bedingte, Ruheperiode durchmachen, da hier die Fruchtsubstanz meist bereits durch Fäulnis verändert ist, wenn die Keimung einsetzt, und keine sicheren Ergebnisse gewonnen werden. Auch die große Zahl jener Samen, die sich durch sklerenchymatische Schichten in der Testa oder andere Einrichtungen gegen den Eintritt von Quellungswasser schützen, wie solche vieler Leguminosen, Cistaceen und Malvaceen, erscheinen für unsere Versuche wenig geeignet, da sie nur durch Operationen zur Keimung zu veranlassen sind, die ernsthafte Veränderungen der natürlichen Bedingungen darstellen. Ebenfalls wurden Früchte mit sklerenchymatischem Endokarp nicht untersucht.

Auch schien es mir ein müßiges Beginnen, bei Schließfrüchten, die mit ihren Samen zusammen oft eine physiologische Einheit darstellen, nach Hemmungswirkungen der Fruchtwand zu forschen. Hier sind dagegen die physiologischen Beziehungen zwischen Frucht und Fruchtboden der Bearbeitung wert, wie ich sie für *Potentilla argentea* und *Tagetes erecta* durchgeführt habe. Über die Keimung von Schließfrüchten besitzen wir übrigens eine gründliche anatomische Bearbeitung von Joxe.[2]

Endlich habe ich auch solche Samen von der Prüfung ausgeschlossen, die in ihrer Keimung vom Lichte stark beeinflußt werden. Konnte doch eine verschiedenartige Beeinflussung durch das Licht bei vergleichender Aussaat auf mehreren Substraten zu schweren Irrtümern Veranlassung geben, denen ich glaubte, besser aus dem Wege gehen zu sollen

---

[1] Zitiert nach J. Lloyd Williams, The Gametophytes and Fertilization in *Laminaria* and *Chorda*. Annals of Botany. Oct. 1921.

[2] Joxe A., Sur l'Ouverture des fruits indéhiscents, à la germination Ann. d. sc. nat. 9. sér. Bot. XV. p. 297 bis 375.

Nach diesen Bemerkungen leuchtet ohne weiteres ein, welche Eigenschaften Samen, Sporen usw. besitzen müssen, um für Versuche über Keimungshemmungen in den natürlichen Behältern geeignet zu sein: sie müssen im physiologischen Zustand des latenten Lebens sich befinden, unmittelbar nach der Reife keimfähig sein, schnell keimen und sich gegen das Licht unempfindlich zeigen.

Methodik.

Bei derartigen Objekten prüfte ich den Einfluß der Fruchtsubstanz auf die Samen, der Sporangienwandung auf die Sporen usw. durch vergleichende Aussaat auf einem einflußlosen Keimboden. Nachdem ich mich überzeugt hatte, daß selbst geschlemmter und sterilisierter Sand als solcher nicht anzusehen ist, habe ich nur noch mit Filtrierpapier gearbeitet, das mit destilliertem Wasser stets bis zur Sättigung feucht gehalten wurde. Mit diesem wurde der Boden von Petrischalen ausgekleidet. Nun gab ich in die eine Schale etwas von der zu untersuchenden Frucht oder dem Sporangium, beziehungsweise einen Auszug davon hinein und säte in diese und eine andere Schale, die nur destilliertes Wasser enthielt, gleiche Mengen von Samen, beziehungsweise die Sporen aus Ließ sich nach einigen Tagen eine Hemmung in der Schale feststellen, die die Frucht- oder Sporangiensubstanz enthielt, so konnte bei der Wiederholung des Versuches der Fruchtextrakt (die zerriebenen Placenten usw.) in verschiedener Konzentration angewendet werden. Durch diese Anordnung gelang es dann zuweilen, fortschreitende Reihen immer besserer Keimungsergebnisse von Schale zu Schale zu erzielen, die durch die sinkende Konzentration des Auszugs der beigegebenen Fruchtmasse hervorgerufen werden. War dies gelungen, so war das Vorhandensein einer keimungshemmenden Substanz in der Frucht (Sporangium usw.) so wahrscheinlich geworden, daß nun an die Prüfung der Hitzebeständigkeit, Lokalisierung in bestimmten Teilen der Frucht, Ausfällung von Extrakten mit Alkohol und Äther zur Prüfung auf Fermente usw. gegangen werden konnte. Hier begann demnach die Arbeit des Chemikers, deren Durchführung von mir nicht mehr angestrebt wurde.

Ganz besondere Aufmerksamkeit war der Desinfektion zuzuwenden. Die Schimmelpilze und Bakterien werden in der Regel reichlicher in den Schalen auftreten, wo ihnen in der Fruchtsubstanz eine reichliche und leicht angreifbare Nahrung geboten wird. Daher ist im allgemeinen nicht mit dicken Fruchtstücken experimentiert worden. Es genügten zum Nachweis der Hemmungserscheinungen, wo solche überhaupt sich zeigten, schon geringe Substanzmengen, deren Desinfektion mit Toluol im allgemeinen leicht gelang. Ich habe mich überzeugen können, daß Toluol von den meisten Samen ohne jede Beeinträchtigung der Keimkraft ertragen wird, während, wie bekannt, Formaldehyd und Sublimat die Samen schädigen und, in sehr geringen Konzentrationen angewendet, das Gegenteil der beabsichtigten Wirkung hervorrufen, indem sie das Wachstum der Fäulnisbewohner befördern helfen. Man kann Toluol getrost in konzentriertem Zustand in Gestalt von 1 bis 2 Tropfen in die Schalen geben. Schädigungen der Keimkraft sind mir hierbei in keinem Falle begegnet.

Einer ganz sterilen Aufzucht der Samen in der sterilisierten Fruchtsubstanz stellen sich die ernstesten Schwierigkeiten entgegen, da hohe Temperaturen nicht anwendbar sind. Ich habe daher auf solche Versuche verzichtet. — Erwähnt sei noch, daß für die Behandlung kleiner Objekte die angegebene Methodik nicht anwendbar ist. Ich experimentierte hier mit Erfolg auf Objektträgern in einer feuchten Kammer. Die folgenden Versuche fanden im Gewächshaus des Instituts am Lichte oder aber in einem Wärmeschrank im Dunkeln statt. Die Temperatur schwankte im Gewächshaus um 20° C., während die Temperatur des Wärmeschranks auf 22 bis 30° C. eingestellt wurde. Auf Einzelheiten kann erst im speziellen Teil eingegangen werden.

Versuche.

A. Lebermoose.

Meine ersten Versuche führte ich mit Lebermoosen durch. Zunächst legte ich in 3 Petrischalen Thallusstücke von *Marchantia polymorpha* auf Filtrierpapier aus. Diese trugen reichlich Brutbecher. Ein Teil der Brutkörper wurde den Bechern entnommen und in die gleichen Schalen neben die Thallusstücke ausgesät. Das Filtrierpapier wurde getränkt in Schale

A. mit Aqua dest.;

B. mit Nährlösung (KCl 1%, $MgSO_4$ 1%, KNO_3 1%, KH_2PO_4 1%, Aqua dest. 96%, 2 Tropfen $FeSO_4$);

C mit Hochquellwasser der Wiener Wasserleitung.

Beginn 20. X. 1921.

Aufstellung am Lichte im Gewächshaus.

Das Ergebnis des Versuches war folgendes: Nach vier Tagen bereits begann die Keimung der auf Filtrierpapier frei ausgesäten Brutkörper in allen drei Schalen, während die im Brutbecher verbliebenen keine Veränderung zeigten. Die ausgekeimten Brutkörper waren nach 4 Wochen, am 17. XI., bereits zu ansehnlichen jungen Pflänzchen ausgewachsen (die auf die Nährlösung natürlich am besten gediehen), während ihre Altersgenossen in den Brutbechern noch immer in Ruhe verharrten. Bei mikroskopischen Stichproben ergab sich allerdings an diesem Tage der erste positive Befund in einem Brutbecher des mit Nährlösung ernährten Thallusstückes: einzelne Brutkörper zeigten nun auch im Becher der Mutterpflanze eine geringe Streckung im Sinne der durch die beiden Vegetationspunkte bestimmten Achse.

Nach weiteren 8 Tagen, am 25. XI., ließen sich solche Keimlinge auch in einzelnen Bechern der Schalen *A* und *C* nachweisen, während bei Abbruch des Versuches am 1. XII. doch noch immer diese Becherkeimlinge Ausnahmen geblieben waren und die Mehrzahl der Brutkörper auch weiterhin nicht gekeimt hatte.

Gleichzeitig mit diesem Versuch unternahm ich einen zweiten, in dem das Filtrierpapier zweier Petrischalen mit Quellwasser getränkt wurde. Die Brutbecher der einen Schale wurden mit Nährlösung, die der zweiten mit Aqua dest. beträufelt, und zwar am 20., 24. und 29. XI. In diesem Versuch hoffte ich durch die Nährlösung eine baldige Auskeimung der Brutkörper auch in den Bechern zu erzielen. Die Nährlösung sollte also dem hypothetischen Hemmungsstoff entgegenwirken.

Das Ergebnis entsprach jedoch dieser Anschauung nur unvollkommen. Auch hier keimten bereits nach 4 Tagen die ersten ausgefallenen Brutkörper außerhalb der Thallusstücke auf dem Papier, jedoch verharrten die in den beträufelten Bechern verbliebenen Altersgenossen auch hier 3 Wochen lang in voller Ruhe. Erst am 14. XI. (drei Tage früher als in dem anderen Versuch) konnte ich in den beträufelten Bechern die ersten Keimlinge feststellen.

Mein Versuchsprotokoll verzeichnet am 14. XI.: In einem der mit Nährlösung beträufelten Becher Auskeimung, hier über 50% Keimlinge, die teilweise schon vierfach breiter als lang sind. Dieser Becher erscheint noch grün. In den anderen Bechern fast keine Entwicklung. In den mit Aqua dest. beträufelten Bechern der anderen Schale keine Keimungen.

In diesen mit Aqua dest. beträufelten Bechern stellte ich die ersten Keimlinge erst 11 Tage später fest, nämlich am 25. XI. Ich entnahm an diesem Tage eine Anzahl ungekeimter Brutkörper, die ich seit 5 Wochen als gehemmt beobachtet hatte, einem Becher, der keine Keimlinge aufwies, und säte sie auf Aqua dest. in einer anderen Schale aus. Nach 5 Tagen zeigte sich rege Keimung, von einer Schädigung durch »Überliegen« konnte keine Rede sein.

In einem weiteren Versuche versuchte ich festzustellen, ob der Aufenthalt im Brutbecher die einmal begonnene Keimung frei ausgesäter Brutkörper zum Stillstand zu bringen vermag. Zu diesem Zwecke wurden frischgekeimte Blutkörper, deren Breite sich zur Länge wie 2 : 1 oder höchstens 3 : 1 verhielt, in Brutbecher gelegt, aus denen die anderen Brutkörper zuvor entfernt worden waren. Nach 13 Tagen konnte ich feststellen, daß die angekeimten Brutkörper sich weiter entwickelt hatten. Daß sich die Weiterentwicklung nicht schneller zeigte, erklärt sich zwanglos aus den Verletzungen, die die Rhizoiden der jungen Keimlinge beim Loslösen von ihrem ersten Keimbett erfahren hatten.

Ich habe diesen Versuch am 11. XI. wiederholt, diesmal mit ganz besonderer Vorsicht. Jeder Brutkörper wurde zunächst mikroskopisch geprüft und vorsichtig nur je ein Brutkörper in die gesäuberten Becher mit den Rhizoiden nach unten eingelegt. Zum Unterschied gegenüber dem vorhergehenden Versuch wurden diesmal die Thallusstücke mit Nährlösung übergossen. Es ließ sich hier bereits nach 10 Tagen feststellen, daß die Weiterentwicklung der Brutkörper durch die Zurückbringung in die Becher der Mutterpflanze nicht mehr beeinträchtigt wird.

Das Ergebnis dieser vier Versuche mit den Brutkörpern der *Marchantia polymorpha* darf ich wohl dahin zusammenfassen, daß die Vermutung **Molischs** von dem Vorhandensein einer Hemmungssubstanz in den Brutbechern große Wahrscheinlichkeit gewinnt. Diese hypothetische Substanz ist imstande, die Entwicklung der keimfähigen Brutkörper wochenlang hintanzuhalten, gegenüber bereits gekeimten Brutkörpern erweist sie sich dagegen als wirkungslos. Nährlösung vermag ihre Wirkung zwar etwas abzuschwachen, aber nicht aufzuheben. Ich halte an dieser Erklärung fest, obgleich es mir bisher nicht gelungen ist, die Wirkung des Hemmungsstoffes auch auf Filtrierpapier zu erweisen, auf dem vor der Aussaat der Brutkörper einige Becher zerquetscht worden waren.

Versuche, die später mit *Marchantia paleacea* und *Lunularia cruciata* ausgeführt wurden, zeigten nach 9 Tagen eine Keimung außerhalb der Becher auf feuchtem Papier, nicht aber in den Bechern selbst. Nach 48 Tagen konnte ich in den Bechern der *Marchantia paleacea* noch immer keine Keimungen feststellen, während sich aus den Bechern der *Lunularia cruciata* ansehnliche junge Pflanzen entwickelt hatten. Es ist also für die Brutkörper dieser Arten ebenfalls das Vorhandensein von Hemmungssubstanzen wahrscheinlich. Bei *Lunularia cruciata* scheint ihre Wirksamkeit gering zu sein.

Auch an den Sporen der *Marchantia polymorpha* habe ich positive Ergebnisse erhalten. Ein Archegonienstand mit reifen Sporenkapseln wurde umgedreht auf einen Objektträger gebracht und, mit einem Tropfen Nährlösung versehen, in eine feuchte Kammer gestellt. Nach einer Woche stellte ich fest, daß die Sporen, die neben dem Hute lagen, Keimschläuche gebildet hatten, während andere, die den Resten der Kapselwandung auflagen, ungekeimt geblieben waren.

B. Laubmoose.

Funaria hygrometrica.

Besonders auffallend waren die Hemmungserscheinungen bei den Kapseln der *Funaria hygrometrica*. Sammelt man die Kapseln dieses Laubmooses, am besten im grünreifen Zustand vor dem Abwerfen des Deckels, und zerreißt sie auf einem feuchten Stück Filtrierpapier derartig, daß das Licht in gleicher Weise die dem Kapselinnern aufliegenden, wie die unmittelbar auf dem Papier befindlichen Sporen trifft, so wird man nach einigen Tagen einen auffallenden Unterschied in der Entwicklung beobachten. Wie ich mich mehrfach überzeugen konnte, bilden etwa nach einer Woche die freiliegenden Sporen bereits ansehnliche Vorfäden aus, die den Durchmesser der Spore an Länge um ein Vielfaches übertreffen, während man sich bei Betrachtung nicht allzu feucht gehaltener Sporangienstücke unter dem Mikroskop überzeugt, daß ihnen außer einigen Keimlingen, die eben erst auszutreiben beginnen, hunderte von Sporen aufliegen, die lebhaft grün und mit Stärke vollgestopft sind, ohne noch einen Keimschlauch gebildet zu haben. — Bei diesen Versuchen legte ich das Filtrierpapier auf einem Objektträger aus. Dieser befand sich in einer Petrischale, die ihrerseits unter einer Glasglocke in einer feuchten Kammer stand. Auf diese Weise konnte einem Austrocknen des Filtrierpapiers und der mit Quellwasser durchtränkten Sporangienteile wirksam vorgebeugt werden. Das Ergebnis spricht deutlich für das Vorhandensein einer keimungshemmenden Substanz in der Sporenkapsel.

Mit

C. Pteridophyten und Gymnospermen

habe ich nicht experimentiert. Für die Gymnospermen liegt bisher die wichtige Angabe Haacks[1] vor, daß bei *Pinus silvestris* das Terpentin des Zapfens es sei, das keimungshemmend auf die Samen wirke.

D. Dikotylen.

1. Versuche mit fleischigen Früchten

Nunmehr komme ich zur Schilderung jener Versuche, die ich mit fleischigen Früchten durchgeführt habe. Als das günstigste Objekt erwies sich hier *Solanum Lycopersicum*, jene Pflanze, der ich die bemerkenswertesten meiner Ergebnisse verdanke. Ich habe darüber bereits andernorts kurz berichtet[2] und habe den Gegenstand hier einer ausführlicheren Darstellung zu unterwerfen.

Die Samen in einer fleischigen Frucht erscheinen von vornherein gegen ein vorzeitiges Auskeimen am Orte ihrer Entstehung besser geschützt als die Brutkörper der *Marchantia.* Während nämlich diese dem Sauerstoff der Luft zugänglich sind, ist für jene die Sauerstoffzufuhr zum mindesten sehr beschränkt und gewiß für den Keimungsprozeß nicht ausreichend. Untersuchungen, die Bender[3] über das in den Äpfeln enthaltene Gas durchführte, haben gezeigt, daß sich in ihnen zwar Stickstoff und Kohlensäure, jedoch Sauerstoff nur in Spuren oder gar nicht nachweisen läßt. Dieser Tatsache habe ich dadurch Rechnung getragen, daß ich die Früchte in Scheiben oder Stücke zerlegte und, als ich sah, daß sich diese nicht ausreichend desinfizieren ließen, indem ich das Filtrierpapier der Petrischalen mit der durch ein Sieb gepreßten Fruchtmasse, beziehungsweise dem filtrierten Fruchtsaft tränkte und dann die Samen auf das Papier aussäte.

---

[1] Haack, Die Prüfung des Kiefernsamens. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1912, p. 1 bis 64.

[2] Oppenheimer H., Keimungshemmende Substanzen in der Frucht von *Solanum Lycopersicum* und anderen Pflanzen. Diese Sitzungsber., Abt. I, 131. Bd. Wien 1922.

[3] Bender C., Das Gas der Äpfel. Ber der Deutschen chem. Ges., 1875, p. 112 bis 114.

Es hatte sich nun in einer ganzen Reihe von Versuchen, auf deren Darstellung ich wegen Raummangels verzichten muß, erwiesen, daß die Samen von *Solanum Lycopersicum* in Fruchtstücken und -scheiben auch dann nicht keimen, wenn dem Sauerstoff der Luft Zutritt zu ihnen geschaffen wird. Erst wenn der Fruchtsaft von dem Substrat (ich wählte zuerst Gartenerde oder Sand) mehr oder minder vollständig absorbiert worden war und die Fruchtscheiben sich in papierdünne Häute verwandelt hatten, die eine unmittelbare Berührung der Samen mit der Erde gestatteten, dann erst traten die ersten Keimungen ein, in den größeren Stücken aber noch später, nämlich wenn die Fruchtsubstanz durch die Tätigkeit der Schimmelpilze verzehrt oder vollständig verändert war.

Die Stärke der Keimungshemmung ergibt sich auch mit aller Deutlichkeit aus dem folgenden

Versuch 1.

Solanum Lycopersicum, 28. XI. 1921. Frucht vom Markt, im Kalthaus 8 Tage gelagert; als sie verwendet wurde, war sie noch fest und offenbar ganz frisch. Auf abgezogenen Epidermisstücken mit wenig Fruchtfleisch (*A*) und ohne Fruchtfleisch (*B*) wurden die Samen ausgesät, die vorher 5 Tage lang gewässert worden waren. In *A* Aussaat nur auf der Innenseite, in *B* auch auf der Außenseite Gewächshaus, am Licht, etwa 20° C

Keimungsprozente.

d	*A*	*B*
7	3	88
8	3	100
9	6	–
14	23	
17	50	--
18	56	–
19	79	

Die Reihe *d* bezeichnet hier und im folgenden die Zahl der seit-Versuchsbeginn verflossenen Tage.

Dieser Versuch, der außerordentlich sauber und schimmelfrei blieb, zeigt die Stärke der durch ganz geringe Mengen der Fruchtsubstanz hervorgerufenen Hemmungen.

Nachdem sich nun auf diese Weise hatte zeigen lassen, daß der Sauerstoffmangel nicht der einzige Grund für das Unterbleiben der Keimung in der Frucht ist, konnte ich versuchen, durch Anwendung sinkender Saftkonzentrationen eine ansteigende Keimungsreihe aufzustellen, so wie ich es eingangs als ein Ziel der Untersuchung geschildert habe. Dies gelang mir in dem folgenden Versuch, der gleichzeitig beweist, daß das Toluol bei geringer Konzentration auf die Keimung keinen Einfluß ausübt.

Versuch 2.

Blieb gänzlich schimmelfrei.

10 Petrischalen (A 1—5 und B 1—5) mit einer Schicht Filtrierpapier. In A Abnehmen der Konzentration des Fruchtsaftes von $^1/_2$ der natürlichen Konzentration bis $^1/_{32}$ der natürlichen Konzentration. Entsprechend sank die Konzentration des als Desinfiziens verwendeten Toluols von Schale zu Schale gleichmäßig von 0·2 $^0/_0$ bis auf 0·0125 $^0/_0$. Die Kontrollschalen der Reihe B wurden mit reinem Toluolwasser beschickt, dessen Konzentration in den Schalen 1 bis 5 0·2, 0·1, 0·05, 0·025 und 0·0 $^0/_0$ betrug. Aufstellung im Gewächshaus des Instituts am Lichte. Je 30 Samen. Die Reihe d bezeichnet wieder die seit Beginn des Versuchs verflossenen Tage.

Keimungsprozente.

d	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
6	0	0	0	0	30	47	13	37	37	0!
7	0	0	3	24	71	60	47	53	60	0!
8	0	7	13	52	80	80	83	80	80	10!
9	0	13	24	82	100	93	87	87	96	50!
11	0	33	50	90	—					
12	0	43	70	90	-					
15	0	50	87	93	—					
20	0	80	90	100						
25	0	80	93	—						
27	7	80	93							
33	45	80	96			Toluolkontrolle aufgehoben!				
37	70	90	96	—						

Schon diese Versuche mochten vielleicht hinreichend erscheinen, um zu erweisen, daß die Keimungshemmung bei *Solanum Lycopersicum* der Fruchtsubstanz zuzuschreiben ist. Trotzdem scheinen mir gegen die Berechtigung eines solchen Schlusses noch gewisse Einwände möglich, die sich durch die Ergebnisse der geschilderten und weiterer Versuche jedoch entkräften lassen.

1. Einige Schwierigkeiten ergeben sich bereits gegenüber dem Versuch einer physikalischen Deutung der Resultate. Man könnte meinen, daß die Zellen des Fruchtfleisches gegenüber denen des Samens hypertonisch seien und für die Samen daher in der Frucht die erste Vorbedingung der Keimung, nämlich die volle Quellungsmöglichkeit, nicht gegeben sei. Ich entnahm daher Samen aus einer Frucht und wog sie nach Auswaschung und folgender kurzer Abtrocknung. Das Gewicht von 44 Samen betrug 19 *cg*. Sie wurden nun auf Filtrierpapier in Aqua dest. ausgelegt und nach 3 Tagen, d. h. kurz vor Beginn der Auskeimung, wieder gewogen. Ihr Gewicht betrug jetzt 20 *cg*, hatte sich also nur unwesentlich erhöht. Wenn ich hieraus schließe, daß die Samen in der Frucht nicht durch Wassermangel, sondern durch andere Ursachen an der Keimung

verhindert werden, so kann ich dies auch durch weitere Erfahrungen bestätigen. Ich beobachtete nämlich mehrfach Samen von außergewöhnlicher Größe (bis zu 4 *mm* Durchmesser), die nicht keimten, solange sie der Fruchtsubstanz auflagen. Übertrug ich aber derartige Samen in eine andere Schale, wo das Filtrierpapier mit Aqua dest. getränkt war, keimten sie in kurzer Zeit, ohne ihren Durchmesser noch weiter zu vergrößern. Vergleichende Bestimmungen des osmotischen Druckes des Fruchtsaftes einerseits und eines Samenextraktes andrerseits dürften diese Anschauung bestätigen.

Doch ist trotzdem zuzugeben, daß die Turgeszenz der Zellen des Embryos entsprechend der Konzentrationsabnahme des ihn umgebenden Fruchtsaftes steigen muß. Sollte vielleicht dieser Umstand für das Eintreten der Keimung maßgebend sein und sich behaupten lassen: je größer die Turgeszenz, um so schneller die Keimung? Erkennt man diese Möglichkeit an und erhebt sie zum Erklärungsprinzip, so würde der Same in der Frucht darum nicht keimen, weil das Konzentrationsgefälle in das ihn umgebende Medium zu gering ist, um die Keimung hervorzurufen. Diese Anschauung schien eine wesentliche Stütze zu erhalten, als ich die Keimung von *Solanum Lycopersicum* in Rohrzuckerlösung verschiedener Konzentration untersuchte. Bei 5% keimte bis zum 6. Tage kein Same. Bei geringeren Konzentrationen stiegen auch hier im allgemeinen die Keimprozente entsprechend dem Verdünnungsgrad und die erste Keimung setzte um so später ein, je konzentrierter die Lösung war. Es schien, als ob ein osmotischer Wert des Außenmediums von 4 bis 5 Atmosphären die Keimung zunächst gänzlich verhindere, während in der Reihe 2, 1, $^1/_2$, 0 Atmosphären sie immer schneller erfolge. Keimungen bei 5 und 10% wurden erst am 8. und 10. Tage festgestellt.

Dennoch ist eine solche osmotische Erklärung für *Solanum Lycopersicum* unbedingt abzulehnen. Sie ist nämlich unvereinbar mit der Tatsache, daß die Hemmungswirkung des Fruchtsaftes durch Erhitzen wesentlich abgeschwächt wird (siehe die Tabelle des Versuchs 3), während das Ergebnis des Rohrzuckerversuchs auch anders gedeutet werden kann. Der Rohrzucker kann in die Zellen eingedrungen sein und dort rein chemische Umsetzungen hervorgerufen haben, die eine fortschreitend bessere Keimung bei geringerer Konzentration zur Folge hatten. Für eine solche Schädigung spricht auch das schnelle Absterben der jungen Keimlinge in den Rohrzuckerschalen. Hiermit sehen wir uns wieder zur chemischen Auffassung zurückgeführt.

2. Ein zweiter ernsthafter Einwurf könnte die rein chemische Deutung der Ergebnisse zwar als berechtigt anerkennen, aber die Bildung des Hemmungsstoffes der Tätigkeit der Schimmelpilze und Bakterien zur Last legen. Dem widerspricht nun die Tatsache, daß von einem Schimmelbefall bei den Versuchen 1 und 2 nichts zu bemerken war und der sauere Charakter des Nährbodens den Bakterien nicht zusagen konnte. Ferner spricht gegen diese Auffassung

auch hier das Ergebnis des eben erwähnten Versuches 3, in dem ich die Keimungsergebnisse in rohem und gekochtem Saft gleicher Konzentration miteinander verglich. Der Schimmelbefall, den ich diesmal nicht zu verhindern suchte, war in beiden Schalen nicht unbeträchtlich und in der Schale mit dem abgekochten Saft stärker als in der anderen mit dem rohen Saft. Trotzdem keimten die Samen in der ersteren bedeutend besser, wie aus folgender Tabelle hervorgeht:

Versuch 3

Keimungsprozente (je 40 Samen 9. XI. 1921).

d	Auf rohem Saft	Auf gekochtem Saft
7	0	2·5
8	0	5
9	4	17
10	13	53
12	29	83
13	42	83
14	51	83
19	89!	86
26	95!	94

Wie man sieht, hatten die Samen auf gekochtem Saft nach 12 Tagen schon zu 83 % gekeimt, trotz der starken Zersetzungsvorgänge, während in der Schale mit dem rohen Saft erst jetzt, als der Schimmel wegen der starken Konzentration der eigenen Stoffwechselprodukte wieder zurückging, die Keimung erst recht einsetzte. Mir schien dieser Versuch so deutlich für das Vorhandensein einer nicht hitzebeständigen, keimungshemmenden Substanz im Fruchtsaft zu sprechen, daß ich auf die Durchführung eines sterilen Keimungsversuchs glaubte verzichten zu können.

Hiermit erscheint mir die Vermutung Molischs über das Vorkommen von Hemmungssubstanzen für *Solanum Lycopersicum* als bewiesen.

Wegen der großen theoretischen Wichtigkeit sei hier noch ein zweiter Versuch über die Wirkung hoher Temperaturen auf die Hemmungskraft des Fruchtsaftes angeführt.

Versuch 4 (30. XI. 1921).

Fruchtsaft von *Sol. Lyc.* etwa $^1/_8$ der natürlichen Konzentration, 3 Petrischalen, je 25 Samen.

A. Saft erhitzt bis 60°;

B. Saft erhitzt bis 100°;

C. Kontrolle: Aqua dest.

Wärmeschrank, dunkel, 22° C. Toluoldesinfektion.

Keimungsprozente.

d	*A*	*B*	*C*
1	0	4	36
2	8!	48!	92
3	68	84	96
5	96	80	100

Ob durch mehrstündiges Kochen der keimungshemmende Einfluß des Fruchtsaftes gänzlich beseitigt werden kann, wurde nicht geprüft. Nach 30 Minuten Einwirkung von 100° bleibt er jedenfalls noch deutlich.

Nun konnte ich daran gehen, die Natur des erschlossenen Körpers näher zu untersuchen. Hiermit bin ich jedoch noch nicht weit gelangt. Nur soviel kann ich sagen, daß es sich nach dem Ergebnis eines ersten Versuches um einen kolloidalen Körper zu handeln scheint. Nach Ausschüttelung eines Saftfiltrates mit Alkohol und Äther erhielt ich einen weißlichen Niederschlag, von dem ich eine Suspension in destilliertem Wasser herstellte. Obgleich ich nur eine winzige Menge von dem Niederschlag, schätzungsweise einige Zentigramm, zur fortschreitenden Verdünnung verwendete, ergab sich auch hier wieder die bekannte ansteigende Reihe der Keimungszahlen.

Versuch 5.

(Wärmeschrank 22° konst.) 14. XII. 1921.

Keimungsprozente.

	Konzentration			
d	*c*	$1/2\,c$	$1/4\,c$	H_2O
2	0	8	17	19
3	18	30	36	48

Es scheint, daß die Hemmungssubstanz von dem Alkohol niedergeschlagen worden war. Am vierten Tage nach Versuchsbeginn erhielt ich die Zahlen 61, 52, 61 77. Jetzt war also die Keimung bei der stärkeren Konzentration *c* besser als bei $1/2\,c$ und ebenso stark wie bei $1/4\,c$. Ich habe eine solche Umwandlung der hemmenden Wirkung in eine stimulierende, die an das Verhalten der Organismen gegenüber manchen Giften erinnert, mehrfach beobachten können. (Vgl. auch die letzten Zahlen des Versuches 3.) Man mag diese Erscheinung auf eine teilweise Zersetzung der Hemmungssubstanz zurückführen können.

Durch einen weiteren Versuch überzeugte ich mich, daß die Keimungshemmung auch dann noch deutlich hervortritt, wenn die Samen vor der Aussaat mit Säuren oder Alkalien behandelt werden.

Versuch 6.

Die Samen wurden im Saftfiltrat der eigenen Frucht ausgesät. Nach der Entnahme wurden sie 3 Stunden lang gewässert und darauf für 4 Parallelversuche vorbereitet durch einen zweistündigen Aufenthalt

A in 0·2 Mol H_2SO_4;
B in 0·1 Mol CH_3COOH,
C. in 0·2 Mol HNO_3;
D in 0·2 Mol KOH.

Die Samen wurden nun unter dem Strahl der Wasserleitung einige Minuten gewässert und dann in 8 Petrischalen zur Aussaat gebracht:

1. Im Saftfiltrat (etwa $^1/_2$ der natürlichen Konzentration);
2. im aqua dest

Aufstellung dunkel im Warmeschrank, 22°. Toluoldesinfektion. Das Ergebnis gibt die

Keimungstabelle.

d	H_2SO_4		CH_3COOH		HNO_3		KOH	
	1	2	1	2	1	2	1	2
3	68	100	0	80	50	100	6	17
4	100	100	20	93	100	100	56	39
6			64	97			75	95
8			100	100			100	100

Es bleibt nun noch nachzutragen, daß die Hemmung bis ins Frühjahr hinein andauert. Ich habe im Februar und März 1922 ebensowohl angefrorene, feucht überwinterte, wohlerhaltene Früchte als auch eine solche untersucht, die auf einem Wandbrett des Gewächshauses zur Mumie eingetrocknet war. In beiden Fällen waren noch sehr bedeutende Keimungshemmungen nachweisbar.

Dagegen beobachtete Molisch gleichzeitig das Auftreten von Keimlingen aus einer Frucht, die im Laufe des Winters der Zersetzung im feuchten Sande anheimgefallen war und in einem großen Glasgefäß am Fenster seines Studierzimmers sich befand. Diese Beobachtung steht im besten Einklang mit der gärtnerischen Erfahrung. So berichtet mir mein gärtnerischer Arbeitsgenosse F. Birth, daß er aus Früchten, die auf dem Boden eines Gewächshauses unter den Pflanzengestellen im Winter verfault waren, im Frühjahr das Auskeimen von Samen beobachtet hat.

In ähnlicher Weise geht wohl die Vermehrung der Pflanze auch in der freien Natur vor sich. Die Früchte fallen überreif zu Boden, die Tätigkeit der Saprophyten im Verein mit der des Regens bewirkt die Zerstörung und Auswaschung der Fruchtmasse, sowie die Fortschwemmung der Samen, die nun, der keimungshemmenden Wirkung des Fruchtfleisches entzogen und zuweilen durch die keimungsfördernde Wirkung des Bodens begünstigt, zur Keimung gelangen.

Anmerkung. Daß von einer keimungsfördernden Wirkung des Bodens hier gesprochen werden kann, scheint mir aus Versuchen hervorzugehen, die ich noch anhangsweise erwähnen möchte. Je 40 Samen von *Solanum Lycopersicum* wurden nach Waschung in Tonschalen ausgesät:

A auf Gartenerde;
B. auf unbehandeltem lehmigen Sand;
C. auf dem gleichen Sand, der durch fünfmalige Ausschlemmung gereinigt wurde;
D. auf Sand, wie in *C* geglüht;
E. auf Sand, wie in *C* sterilisiert.

Aufstellung im Gewächshaus. 9. XI. 1921.

Keimungsprozente.

d	*A*		*B*		*C*	*D*	*E*
	hell	dunkel	hell	dunkel	hell	hell	hell
5	3	3	0	3!	0	3	0
7	66	71	5	73!	38	25	35
8	95	79	26	92!	53	48	58
9	98	87	50	97!	82	69	75
10	100	89	61	100!	92	82	98
12		100	66	100	100	92	98

Wie man sieht, zeigt sich im Lichte ein erheblicher Vorsprung der auf Gartenerde ausgesäten Samen gegenüber den auf behandelten Sand ausgesäten. Höchst auffällig erscheint mir das Ergebnis, das ich mit den beiden, durch einen Zinksturz verdunkelten Schalen erhielt. Während, wie man sieht, die Keimung auf Erde am Licht wie im Dunkeln etwa gleichmäßig fortschritt, erwies sich der lehmige Sand am Lichte als das weitaus ungünstigste Substrat, während er im Finstern alle anderen Keimböden übertrifft. Leider konnte ich dieser Beobachtung, die außerhalb des Rahmens meiner Untersuchung fällt, nicht weiter nachgehen. Die Außenbedingungen hinsichtlich Temperatur, Feuchtigkeit, Sauerstoffzufuhr waren genau die gleichen wie in den anderen Schalen. Vielleicht ergibt eine vergleichende Untersuchung der Licht- und Dunkelkeimung auf lehmigen Substraten auch für andere Samen ähnliche Ergebnisse.

Versuche mit anderen fleischigen Früchten.

Hatte das Ende der Vegetationsperiode 1921 einem weiteren Ausbau meiner Versuche mit *Solanum Lycopersicum* ein frühzeitiges Ziel gesetzt, so gilt das in noch höherem Maße für die Versuche mit anderen Objekten, wo das mir zur Verfügung stehende Material noch schneller erschöpft war. Dennoch sind die erzielten Ergebnisse nicht weniger auffallend, wie auch aus den photographischen Aufnahmen deutlich hervorgeht.

Lagenaria vulgaris.

Versuch.

Eine reife Frucht wurde durch ein quadratisches Loch geöffnet und so dem Sauerstoff Zutritt zu den Samen gewährt. Nach 9 Tagen überzeugte ich mich beim

Zerlegen der Frucht, daß keine Keimungen eingetreten waren. Hierauf wurden in 3 Petrischalen ausgesät:

A. ungewaschene Samen auf Schalenstücken mit Fruchtfleisch;
B ungewaschene Samen auf Filtrierpapier;
C gewaschene Samen auf Filtrierpapier.

Dann wurden, um Schimmel abzuhalten, Fruchtfleisch und Samen aller Schalen mit 0·4 % Formalin kurz abgespült. Hierbei kann eine nennenswerte Aufsaugung des Formalins durch das Fruchtfleisch schwerlich stattgefunden haben, weil dieses mit Fruchtsaft voll gesättigt war. Aussaat am 11. XI. 1921. Zunächst wurde der Versuch im Gewächshaus angestellt. Als nach 7 Tagen die Temperatur sich als zu niedrig erwiesen hatte, übertrug ich die Schalen in den Wärmeschrank. Nach weiteren 3 Tagen, am 21. XI., konnte ich feststellen:

Keimung in *A* 0 %, *B* 29 %, *C* 88 %.

Wie sich aus der Aufnahme (25. XI.) ergibt, bildeten die Keimlinge der gewaschenen Samen mächtige Wurzelsysteme aus. Bereits am 21. XI. maß ich Längen von 50 *mm* und beobachtete an einem Keimling 22 Nebenwurzeln. Dagegen erreichten die längsten Wurzeln der ungewaschenen Samen nur 15 *mm*, Nebenwurzeln waren nicht vorhanden und wurden auch später nicht gebildet. Vielmehr gingen die Samen in *A* und *B* ebenso wie die jungen Pflänzchen in *B* und *C* unter lebhafter Ammoniakbildung zugrunde. Dagegen hielt sich das Fruchtfleisch in der Schale *A* frisch und blieb schimmelfrei.

Das Ergebnis spricht wohl auch hier wieder für die Annahme einer Hemmungssubstanz im Fruchtfleisch. Doch sei für *Lagenaria* die Notwendigkeit der Wiederholung des Versuchs ausdrücklich anerkannt angesichts der Tatsache, daß hier mit Formalin gearbeitet wurde und daß der Beweis für die fortdauernde Keimfähigkeit der auf dem Fruchtfleisch ausgelegten Samen, wie er seit dem 28. XI. versucht wurde, mißlang.

Anmerkung: Wahrscheinlich wurden die anfänglich noch keimfähig gebliebenen Samen durch das entstehende Ammoniak getötet. Bokorny[1] fand NH_3 schon in einer Konzentration von 0·05 % für Samen tödlich. Man ersieht aus diesem Beispiel, daß man unbedingt nur mit gut desinfiziertem, ganz frischem Material arbeiten darf, um nicht durch postmortale Zersetzungsprodukte getäuscht zu werden.

Demgegenüber erscheint durchaus einwandfrei der entsprechende

Versuch mit *Cucumis sativa*,

obgleich ich hier nur 23 Samen in der untersuchten Frucht vorfand und nur diese zur Aussaat verwendete.

Es wurden ausgesät in Schale.

A 5 Samen auf einem Längsschnitt durch die Frucht von etwa 1 *mm* Dicke, 2 Samen auf der Innenseite eines Oberflächenschnittes und 2 Samen frei mit anhaftendem Fruchtfleisch;
B. 8 Samen ungewaschen, auf Filtrierpapier;
C 6 Samen, 15 Minuten gewaschen, auf Filtrierpapier.

Wärmeschrank dunkel, 25° C. Desinfektion mit Toluol. 18. XI. 1921.

---

[1] Bokorny Th., Einfluß verschiedener Substanzen auf die Keimung der Pflanzensamen. Biochem. Zeitschr. L., 1913, p. 1 bis 118.

Keimungsprozente.

d	*A*	*B*	*C*
1	0	0	0
3	0	13	67
4	0	38	83
5	0	50	83
10	22	88	100
11	56	88	100
20	78	88	100

Die Aufnahme vom 25. XI. 1921, also am 7. Tage seit Versuchsbeginn, zeigt auch hier deutlich die Verzweigung der Wurzeln in Schale *C*, die bei den Keimlingen der ungewaschenen Samen in Schale *B* vermißt wird.

Phytolacca dioica.

Phytolacca dioica, ein mächtiger Baum, von dem ich Samenmaterial aus dem Botanischen Garten in Genua benutzte, besitzt sehr zuckerreiche Beerenfrüchte, in denen sich die dunkelgrauen, hartschaligen Samen befinden. Die von mir verwendeten Früchte hatten sich in den Ästen eines *Bambusa*-Dickichts gefangen und waren dort bis zum April zu rosinenartigen Beeren eingetrocknet. Ich mußte den Fruchtsaft stark verdünnen, um die Zuckerkonzentration herabzusetzen. Demgemäß gelang der Nachweis einer zahlenmäßigen Keimungshemmung gewaschener Samen in stark verdünntem Fruchtsaft nicht. Allerdings setzte die Bildung von Wurzelhaaren etwas später ein als in der Kontrollschale und es zeigte sich so wenigstens eine morphologische Hemmungserscheinung, auf die ich weiter unten zu sprechen komme. Dagegen zeigten sich Samen in ihrer Keimung stark beeinträchtigt, die ich nach Auswässerung des Zuckers in destilliertem Wasser ausgelegt hatte, ohne sie vorher von den Resten des ihnen zähe anhaftenden Fruchtfleisches zu befreien. Der Keimungsverzug ergibt sich aus folgender Tabelle.

Keimungsprozente.

d	*A*	*B*
16	0	16
23	37	80
25	47	80
26	47	84
29	77	84

a 30 ungereinigte, *b* 25 gereinigte Samen.

Liegt hier ein Hemmungsstoff vor? Die Antwort kann nur bejahend sein, wenn man sie aus dem Befunde der Beeren vor Beginn des Versuches ableitet. Die Samen liegen hier staubtrocken in der konzentrierten Zuckerlösung des Fruchtfleisches. Zerdrückt man sie zwischen den Fingern, so lösen sie sich in ein weißes Pulver auf. Zweifellos besteht hier die osmotische Erklärung, die wir für *Solanum Lycopersicum* ablehnten, zu Recht: Der Zucker wirkt als osmotische Hemmungssubstanz. Daß dem Zucker die Fähigkeit zukomme, die Keimung der Samen in der Frucht durch Wasserentzug zu verhindern, ist zwar ein sehr naheliegender Gedanke, jedoch meines Wissens bisher noch nicht erörtert worden. Es scheint mir aber eine aussichtsreiche Aufgabe zu sein, zu untersuchen, in welchen Konzentrationen die Samen zuckerreicher Früchte noch zur Keimung gelangen, wenn man sie in Lösungen jener Zuckerarten aussät, die in den Früchten natürlich vorkommen.

Doch kehren wir zu unserem Versuch zurück. Die Keimungsverzögerung der ungereinigten Samen kann entweder den geringen Resten von Zucker zugeschrieben werden, die trotz der Auswässerung noch vorhanden sein mochten, sie kann ferner auf einen Hemmungskörper hindeuten, entsprechend dem uns bei *Solanum Lycopersicum* bekanntgewordenen, oder endlich läßt sie sich zurückführen auf ein postmortales Zersetzungsprodukt. Auch kann in dem anhaftenden Fruchtfleisch ein Quellungshindernis erblickt werden Zwischen diesen Möglichkeiten eine Entscheidung zu treffen, fehlt es mir gegenwärtig noch an Mitteln.

Endlich sei noch eines Versuches mit *Maclura aurantiaca*, gedacht, bei dem gewaschene Samen in 11 Tagen zu 28 % keimten. während ungewaschene, auf einem Schnitt durch die Sammelfrucht ausgelegt, keine Keimungen zeigten. Da sich aber in dem Schnitt starke Zersetzung zeigte, trotz der Toluoldesinfektion, so möchte ich aus diesem Ergebnis keine Folgerungen ableiten. Somit komme ich zur Besprechung der

2. Versuche mit trockenen Früchten.

Während unter den fleischigen Früchten bisher keine Form gefunden wurde, von der sich nach den Versuchsergebnissen behaupten ließe, daß sie bestimmt keine hemmende Wirkung auf die Keimung der eigenen Samen ausüben, liegen die Verhältnisse bei trockenen Früchten wesentlich anders. Hier habe ich bisher mit den Hülsen der Leguminosen und den Schoten der Cruciferen nur negative Resultate erzielt. Über den Einfluß der Hülse der Leguminosen auf die Samenkeimung liegen, wie bereits erwähnt wurde, einige Angaben vor, über die hier folgendes zu berichten ist·

v. Jasienski (l. c.) verglich die Keimung der Samen von *Onobrychis sativa* innerhalb und außerhalb der Hülsen. Leider findet sich keine Angabe darüber, ob die Früchte vor der Aussaat geöffnet wurden, um dem Quellungswasser und dem Sauerstoff in gleicher Weise Zutritt zu dem dort befindlichen Samen zu schaffen wie zu den frei ausgelegten Samen des Kontrollversuchs. Anzunehmen ist, daß dies nicht geschah, da der Versuch, wie erwähnt, nur die praktische Seite der Frage klären sollte: ob nämlich ein Verbleiben in den Hülsen für die landwirtschaftliche Aussaat ungünstig oder belanglos sei. Wenn sich nun nach 3 Tagen zeigte, daß noch kein mit Hülse ausgelegter Same gekeimt hatte gegenüber 28·5% Keimungen der freiliegenden Samen, während nach 16 Tagen 77 beziehungsweise 76% zur Auskeimung gekommen waren, so erklärt sich dies zwangslos aus den Quellungs- und Atmungswiderständen, die der in dem Gefängnis der harten Schließfrucht eingeschlossene Same gegenüber dem freiliegenden Wettbewerber zu überwinden hat. Nobbe äußert sich (l. c.) über das Ergebnis des Versuchs mit den Worten: »Die Fruchthülle retardiert also etwas die Keimung.« Ob er an eine stoffliche Hemmung überhaupt gedacht hat, bleibt ungewiß.

Diese Bemerkung Nobbes hat Gola (l. c.) dazu veranlaßt, sich mit dem Problem zu beschäftigen. Er legte anläßlich seiner Versuche über die Bedingungen der Quellungsfähigkeit undurchlässiger Samen die Hülsen folgender Papilionaceen mit Samen zur Keimung aus: *Colutea arborescens, Anagyris foetida, Robinia Pseudacacia, Baptisia australis* und *Coronilla vulgaris*. Hierbei zeigte es sich, daß die Samen von Hülsen der gleichen Art sich sehr verschieden verhielten. So quollen in einer Hülse von *Colutea arborescens* sämtliche Samen, in einer anderen dagegen nicht ein einziger. Falls nun die Quellungsmöglichkeit für beide Hülsen in gleicher Weise gegeben war, ist das Verhalten wirklich sehr auffällig und spricht deutlich gegen das allgemeine Vorhandensein von Stoffen in der Hülse, die eine Quellung der Samen verhindern. Ob aber dem physikalischen Quellungsprozeß, dessen so verschiedener Verlauf nach Gola von dem Reifungsgrad der Samen abhängt, nun sogleich der physiologische Keimungsprozeß in allen Fällen folgte und ob dieser bei Samen außerhalb der Hülsen nicht anders verlief als innerhalb, darüber erfahren wir bei Gola nichts, so daß wir nicht prüfen können, ob seine Versuche ihm wirklich »erlauben, eine besondere Wirksamkeit der in den Hülsen enthaltenen Substanzen auf die Samen, die sie enthält, auszuschließen«. Wir können vielmehr aus seiner Arbeit hier nur lernen, daß die von ihm studierten Objekte zum Studium von Hemmungserscheinungen bei Leguminosen für unsere Zwecke wenig brauchbar sind.

Anmerkung. Gola bemüht sich um eine Erklärung des bei v. Jasienskis Versuch zutage getretenen Unterschieds in der Keimung von *Onobrychis sativa*, der auf der Vorstellung beruht, daß die Samen in der Hülse leichter (!) zur Keimung gelangt seien als außerhalb. Da dies nicht zutrifft, erübrigt es sich, auf diese Erklärung einzugehen.

Die dritte erwähnte Arbeit stammt von Riviera und bezieht sich wieder auf *Onobrychis sativa*. Der Verfasser stellt fest, daß die Keimung der mit Hülse ausgelegten Samen 2 bis 3 Tage mehr beanspruche als die der enthülsten. Zur Erklärung wird die langsamere Quellung der Hülsensamen und der mechanische Widerstand der Hülse herangezogen.

Während nun die bisher erwähnten Autoren unser Problem nur nebenbei mit einer ungenügenden Methodik an ungeeigneten Objekten studierten, ist ein Versuch Modrys (l. c.) für uns von größtem Interesse. Diesem Forscher gelang es nämlich, bei grünreifen Früchten von *Phaseolus multiflorus* durch Einspritzung von Brunnenwasser eine Auskeimung der Samen hervorzurufen. Eine Erklärung dieser Erscheinung gewinne ich aus dem Ergebnis eines eigenen Versuches mit *Phaseolus vulgaris*.

Versuch mit *Phaseolus vulgaris*.

Zweck Zur Lösung der Frage, ob auch bei den Hülsen von *Phaseolus vulgaris* von den Karpellen ein keimungshemmender Einfluß ausgeübt wird, wurde folgendermaßen verfahren:

Nach den ersten schwachen Nachtfrösten wurden Früchte von *Phaseolus vulgaris* (Material aus Gloggnitz-Semmeringbahn) von den Mutterpflanzen getrennt und am nächsten Tage auf Filtrierpapier in einer glasierten Tonschale ausgelegt. Die Schale wurde mit einer Glasglocke bedeckt, das Papier nur mäßig feucht gehalten, um Fäulnis und Schimmelinfektion in geringen Grenzen zu halten, was auch gut gelang.

Die Früchte, die 2 bis 4 reife Samen enthielten, und teils noch grün, teils aber schon trocken waren, wurden an der Bauchnaht geöffnet und die Hälfte der Samen herausgenommen, die andere Hälfte belassen. Da die Früchte verschiedenen Rassen angehörten und verschiedenfarbige Samen enthielten, konnte ein Irrtum über die Herkunft der herausgenommenen Samen nicht eintreten. Die trockenen Hülsen wurden besonders angefeuchtet, um Feuchtigkeitsdifferenzen auszuschalten.

Versuchsraum Gewächshaus hell, etwa 20° C. Wetter trübe. Beginn 3. XI 1921.

Verlauf.

7 XI. Auf Filtrierpapier keimen 2 Samen, in den zugehörigen Hülsen keine Keimungen

9. und 11 XI. keine neuen Keimungen

14. XI Es ergibt sich folgendes Bild

Hülse 1 (enthielt 2 Samen). Eine Keimung in der Frucht, eine außerhalb.

Hülse 2 (4 Samen): 1 Same außerhalb, schon am 7. XI. gekeimt gewesen, dann die beiden in der Frucht gefolgt, zuletzt keimt der 2. freie Same.

Hülse 3. 2 Samen innerhalb verfault, ein äußerer schon am 7. XI. gekeimt gewesen.

Hülse 4 und 5 (schwarzsamig): Noch ungekeimt

Hülse 6! (nicht geöffnet gewesen, enthält 2 Samen) Ein Embryo sprengt mit der Radicula die Bauchnaht.

Am 16. XI. hatte auch der 2. Same in Hülse 6 gekeimt Am 21. XI. zeigte sich, daß von den Samen der Hülse 5 nur einer innerhalb gekeimt hatte, während die außerhalb befindlichen ungekeimt blieben. Hülse 4 verfiel der Fäulnis.

Dieser Versuch zeigte mir, daß (trotz der 2 Samen außerhalb der Hülsen, die der Keimungsperiode der anderen vorangingen) bei *Phaseolus vulgaris* von Hemmungssubstanzen nicht die Rede sein kann. Die Samen keimen willig in den Früchten, wenn man ihnen genügend Feuchtigkeit und Sauerstoff bietet. Beachtenswert ist, daß die von mir gewählten Hülsen zum Teil noch grün waren, während im übrigen wohl jeder Gärtner die Keimung von Bohnen aus reifen Hülsen an einem feuchten Orte einmal beobachtet hat.

Nach diesen Erfahrungen möchte ich annehmen, daß auch die Samen von *Phaseolus multiflorus* nur darum nicht an der Mutterpflanze zur Keimung gelangen, weil der Reifungsprozeß mit einer Wasserentziehung einhergeht. Füllt man dagegen, wie dies Modry durch seine Einspritzung tat, die Frucht in einem Stadium mit Wasser, wo eben die Keimfähigkeit der Samen erreicht, der Wasserentzug dagegen noch unvollkommen ist, so tritt Keimung ein.

Anmerkung Am Schlusse seiner Untersuchung schreibt Modry hinsichtlich der wesentlich gleichen Wirkung, die ein mit Äther getränkter Wattepfropfen, eine Wasser- und eine Milchinjektion auf die Samen ausübte: »Ob aus diesen, fast gleichen Ergebnissen ein Schluß auf die physiologische Grundlage der Einwirkung von Äther auf pflanzliche Gewebe bezogen werden darf, bleibe dahingestellt.« Ist die oben entwickelte Anschauung richtig, so kann ein solcher Schluß nicht gezogen werden Bei der Einspritzung von Wasser schafft man dem Samen eine rein physikalische Keimungsmöglichkeit, während der Äther nach Johannsen zur Spaltung von Stärke Anlaß gibt und so auf die im reifenden Samen vor sich gehenden Polymerisationen umschaltend einwirkt, sodaß jene Keimung auf andere Weise hervorgerufen wird

Versuche mit *Lupinus luteus*.

Zwei Versuche mit *Lupinus luteus*, die ich im Jänner 1922 durchführte, lieferten ein entsprechendes Ergebnis wie das eben beschriebene mit *Phaseolus*. Diese Versuche seien als Beispiel für meine Behandlung trockener Objekte eingehend dargestellt. Das Ziel einer einwandfreien Methodik muß darin bestehen, einerseits eine ausgiebige Quellung der Frucht und des Samens herbeizuführen, andrerseits aber eine wesentliche Verdünnung eines etwa vorhandenen Hemmungsstoffes zu vermeiden. Ich erreichte dies hier in einer Petrischale, deren Boden wie gewöhnlich mit Filtrierpapier ausgekleidet war. Die Schale wurde mit mehreren Hülsenhälften bedeckt, deren Innenseite nach oben gerichtet war und denen die Samen auflagen. Dann füllte ich die Schale einige Millimeter hoch mit destilliertem Wasser, so daß die Hülsen davon eben bedeckt wurden und die Samen darin eintauchten. Die Schale blieb nun offen stehen. Nach Verdunstung des überschüssigen Wassers sind nach einigen Stunden alle Anforderungen erfüllt, die Früchte mit Wasser gesättigt, die Samen gequollen oder doch instand gesetzt, der Frucht Quellungswasser zu entziehen, die ins Wasser etwa diffundierten nicht flüchtigen Stoffe aber wieder durch Verdunstung konzentriert. Das Verfahren eignet sich besonders für schwer quellbare Trockenfrüchte. In der Kontrollschale lagen die Samen nur auf Filtrierpapier und tauchten eben so tief ins Wasser ein wie die anderen.

Die Quellung der Samen erfolgte hier mit großer Geschwindigkeit. Am nächsten Tage setze in beiden Versuchen bereits die Keimung ein. Das überschüssige Wasser war inzwischen verdunstet Der Vorsprung der freiliegenden Samen gegenüber den Hülsensamen zählte nur nach Stunden (*h*).

Lupinus luteus. (27. I. 1922.)

Keimungsprozente.

h	Samen auf Hülsen	Samen frei
24	38	80
29	73	90
46	100	100

Wie man sieht, liegt der Vorsprung der Kontrollsamen in einer Begünstigung innerhalb der ersten 40 Stunden. Ich erkläre mir dies daraus, daß eine Wasseraufnahme in dem destillierten Wasser noch etwas leichter erfolgte als in der verdünnten Lösung, die sich durch Diffusion aus den Hülsen bildete. Jedenfalls berechtigt die Tatsache, daß die Hülsensamen innerhalb 46 Stunden vollzählig keimten, nicht dazu, hier von Hemmungsstoffen zu sprechen. Wird demnach gefragt: Wodurch wird bei *Lupinus luteus* und ebenso bei *Phaseolus multiflorus* ein Auskeimen der Samen in den Hülsen der Mutterpflanze verhindert? — so ist zu antworten: Durch Wasserentzug während des Reifungsprozesses.

Weitere Leguminosen wurden bisher nicht untersucht. Wir müssen daher vorläufig uns mit der Feststellung begnügen, daß bisher weder in den älteren Arbeiten noch in der vorliegenden Hemmungsstoffe bei dieser Familie festgestellt werden konnten.

Was die Cruciferen anlangt, so zeigen sie bisher ebenfalls keine Keimungshemmungen in den Früchten. Aus den Schötchen einer *Lepidium*-Art, die sich in dem Zustand, in dem sie eingesammelt wurde, nicht mehr bestimmen ließ, beobachtete ich in zwei Versuchen rege Keimung. Das dünne Perikarp wurde von den Würzelchen der Keimlinge leicht gesprengt. Die gleiche Beobachtung machte ich sowohl im Winter als auch im Frühjahr an den Schoten von *Cheiranthus Cheiri*. Weder die Repla noch die Carpelle hemmen die Keimung. Versuche mit *Ionopsidium acaule* und *Thlaspi perfoliatum* lieferten keine Keimungen, da die Samen nach der Reife nicht sogleich keimfähig sind. Schoten von *Brassica* verfaulten, ohne Keimungen zu liefern. So ist es mir bisher nicht gelungen, an den Schoten der Cruciferen Hemmungserscheinungen festzustellen.

Solanaceen und Papaveraceen.

(Alkaloidhaltige Objekte.)

Dagegen gelang mir die Feststellung sehr erheblicher Keimungshemmungen bei den Kapseln von *Nicotiana rustica*, *Capsicum annuum* und *Papaver somniferum*. Bei einer vergleichenden Aussaat von *Nicotiana*-Samen auf Kapseln und Kapselteilen einerseits und auf Aqua dest. andrerseits traten am vieren Tage starke Unterschiede auf, die ebenso die Anzahl der gekeimten Samen, wie die Entwicklung der Keimlinge betrafen. Die Keimung der Kapselkeimlinge blieb noch unvollzählig und die Würzelchen der gekeimten zeigten eine Länge von höchstens 1 *mm*. Demgegenüber hatten die Vergleichssamen zu 100% gekeimt und zeigten Würzelchen von durchschnittlich 3 *mm* Länge. Dieser Unterschied wurde im Laufe der nächsten 10 Tage immer auffallender. 14 Tage nach der Aussaat hatten die Vergleichssamen sämtlich ihre Keimblätter entwickelt, während die Kapselsamen noch immer im ersten Stadium der Keimung vor Befreiung der Keimblätter aus der Samenschale verharrten.

Am 20. Tage nach der Aussaat hatte sich das Bild wesentlich verschoben Die Kapselkeimlinge hatten jetzt die Kontrollkeimlinge in der Entwicklung eingeholt und zeigten weiterhin sogar eine üppigere Entwicklung als diese, die infolge Nahrungsmangels zurückblieben. Ich gewann geradezu den Eindruck, daß nunmehr ein Agens in der Kapsel befördernd auf das Wachstum einwirkte, wie das ja auch bei *Solanum Lycopersicum* nach Ablauf einiger Zeit trotz anfänglicher Hemmung sich gezeigt hatte. Die Übereinstimmung mit den dort hervorgetretenen Erscheinungen wurde dadurch noch wesentlich auffallender, daß die gehemmten Keimlinge zunächst auch morphologische Besonderheiten gezeigt hatten, wie sie mir bereits bei *Solanum Lycopersicum* bekannt geworden waren. Sie zeigten nämlich keine Bildung von Wurzelhaaren und die Epidermis des Würzelchens war nicht glasartig hell, wie bei den normalen Keimlingen, sondern erschien wachsartig und undurchsichtig. das Organ als Ganzes betrachtet machte einen gestauchten, kränklichen Eindruck.

Erwähnt sei hier noch, daß ebenfalls eine Aussaat von Samen der *Nicotiana rustica* auf Laubblättern der eigenen Art durchgeführt wurde, die der Blütenregion entstammten und im grünen Zustand vertrocknet waren. Auf diesem Substrat zeigte sich nur ein Zerreißen der Testa. Weiter führte die Keimung nicht, da der Embryo offenbar getötet wurde. Ich möchte dies durch den Gehalt der Blätter an Alkaloiden erklären, in Übereinstimmung mit den Untersuchungen Cornevins[1] und de Toni und Machs[2], die den schädigenden Einfluß von Nikotinlösungen auf die Keimung des Tabaks festgestellt haben

In einem weiteren Versuche gelang mir die Feststellung, daß die Keimungshemmung allein von der Plazenta ausgeht, während die Kapselwandung ohne jeden Einfluß bleibt. Nun konnte ich daran gehen, wieder eine fortschreitende Keimungsreihe aufzustellen.

---

[1] Cornevin, Action de poisons sur la germination des graines des végétaux, dont ils proviennent. Compt. rend. Ac., Paris 113, 1891, p. 274 bis 276.

[2] de Toni G. B. e Mach P., Sopra l'influenza esercitata dalla nicotina e dalla solanina sulla germogliazione dei semi di tobacco. Parma 1893, p. 63 bis 68.

Dies gelang mir aufs beste, indem ich in vier Schalen zerrieb und fein zerschnitt:

in *A* 10 Doppelplazenten;
in *B* 5 Doppelplazenten;
in *C* $2^1/_2$ Doppelplazenten;
in *D* 0 Doppelplazenten (Kontrolle).

Schon am vierten Tage zeigte sich überall Keimung, jedoch trat schon jetzt eine scharf ausgeprägte Reihe hervor, die sich in der mehr oder minder vollständigen Sprengung der Testa zu erkennen gab.

Über den weiteren Verlauf dieses Versuchs lasse ich das Versuchsprotokoll sprechen

17. III. 1922 (7. Tag). Die Reihe kommt weiter gut zum Ausdruck.

In *A* Würzelchen 1 *mm* lang;
In *B* Würzelchen 3 *mm* lang, eben beginnende Befreiung der Keimblätter;
In *C* Keimblätter befreien sich von der Samenschale, blaßgrün;
In *D* einzelne junge Pflänzchen bereits von der Samenschale befreit, sattgrüne Blätter bei fast allen Keimlingen.

Am 18. III. bemerkt das Protokoll, ebenso wie am 22. III., das starke Zurückbleiben der Keimlinge der Schale *A*, wo die Würzelchen am 18. III. erst eine Höchstlänge von 2 *mm* erreicht haben. Noch am 22. III. bemerkte ich hier einzelne Samen mit eben erst ausgetriebener Radicula, »typische Stauchung und wachsartiges Aussehen der haarlosen Würzelchen wie bei *Solanum Lycopersicum*«. In den Schalen *B* bis *D* hatten sich die Unterschiede indessen verwischt, da der Keimungsprozeß abgeschlossen war, doch zeigten nur die Wurzeln der Schale *D* rein weiße Färbung, in den anderen Schalen zeigte sich eine Bräunung.

Der Versuch blieb ohne Anwendung eines Desinfektionsmittels durchaus sauber. Auch unter dem Mikroskop ließ sich eine bakterielle Zersetzung der Plazentarsubstanz nicht nachweisen. Es kann nun kaum einem Zweifel unterliegen, daß hier eine keimungshemmende Substanz in den Plazenten vorhanden ist. Ob es sich in den Kapseln wie in den Laubblättern um ein Alkaloid handelt, muß dahingestellt bleiben.

Nicotiana virginica.

Ein entsprechender Versuch, den ich mit frischgeerntetem Material von *Nicotiana virginica* (Bot. Garten, Pisa) durchführte, lieferte ganz andere Ergebnisse. Von einer wesentlichen Hemmungswirkung war hier nichts zu bemerken. Nur war eins deutlich: daß sich die jungen Pflänzchen gerade auf den Plazenten am üppigsten entwickelten! Vielleicht wirkte hier ein ähnlicher Stoff, wie bei *Nicotiana rustica* in sehr schwacher Konzentration stimulierend.

Capsicum annuum.

Von Solanaceen wurde weiter *Capsicum annuum* untersucht und festgestellt, daß schon eine geringe Beigabe von Kapselwand-

oder Plazentarsubstanz zu den keimenden Samen erhebliche Hemmungen hervorruft. Ich zerschnitt hier Stücke der Fruchtwandung oder der Plazenta mit der Schere und verteilte die kleinen Stücke auf dem Filtrierpapier. In dem folgenden Versuch wurden zerschnitten:

in *A* etwa 2 cm^3 Fruchtwand von etwa 1 *mm* Stärke;
in *B* etwa $^3/_4$ cm^2 der gleichen Wand;
in *C* etwa $^1/_4$ cm^2 eines Plazentarblättchens von noch geringerer Dicke;
D Kontrolle.

Gewächshaus hell, 21. V. 1922. Toluoldesinfektion.

Keimungsprozente.

d	*A*	*B*	*C*	*D*
6	0	0	13	33
7	0	0	27	47
10	0	7	33	60
12	7	33	40	67

Der Befund bestätigte bereits einen entsprechend verlaufenen Vorversuch. Die geringe Menge der hier wirksamen Substanz und die systematische Verwandtschaft lassen auf einen ähnlichen Stoff wie bei *Solanum Lycopersicum* schließen. (*Atropa Belladonna* kam nicht zur Keimung.)

Ein mit

Papaver somniferum

durchgeführter Versuch zeigte einen ganz ähnlichen Verlauf wie die ersten, eben beschriebenen, mit *Nicotiana rustica.* Hier zeigte sich jedoch, daß nicht die Plazenten, sondern umgekehrt die Wandung und das Narbengewebe hemmend auf die Keimung wirken. Daß die Alkaloide des Milchsaftes die Hemmung bewirken, erscheint nicht unmöglich. Cornevin (l. c.) fand, daß Narcotin, Codein und Narcein fördernd, Papaverin dagegen hemmend auf die Keimung der Samen von *Papaver somniferum* einwirken, während Morphin und Thebain keinen Einfluß ausüben.

Endlich habe ich auch Samen von *Nicotiana rustica* in Kapselteilen von *Papaver somniferum* und umgekehrt angebaut. Die Tabaksamen erwiesen sich in den Mohnkapseln stark gehemmt, während sich die *Papaver*-Samen in ihrer Keimung durch die Plazenten der *Nicotiana*-Kapseln am 3. Tage etwas gehemmt zeigten, was aber am 6. Tage bereits nicht mehr festzustellen war. (Weitere Versuche über die spezifische Natur der Hemmungswirkungen habe ich bisher nicht durchgeführt.)

Scrophulariaceen.

Auch bei Versuchen, die ich mit Scrophulariaceen durchführte, achtete ich gemäß meinen Ergebnissen mit *Nicotiana rustica* auf den Einfluß der Plazenten. Untersucht wurden gleichzeitig *Pawlownia imperialis* (Material vom Lido bei Venedig) und ein *Verbascum* (Botanischer Garten Genua), dessen vorjähriger Fruchtstand keine Bestimmung mehr erlaubte Es zeigte sich im Gewächshaus bei Aufstellung am Lichte eine starke Verspätung der Kapselkeimlinge. Nach 8 Tagen hatten bereits 31% der freiausgesäten *Verbascum*-Samen gekeimt, von den in den Kapseln verbliebenen nicht ein einziger. Entsprechend waren die Keimprozente bei *Pawlownia* 28 und 0. Erst am 9. Tage zeigten sich in den Kapseln des *Verbascum* und erst am 10. auf der Kapselwandung (noch nicht auf den Plazenten!) der *Pawlownia* die erste Keimung.

An diesem Tage übertrug ich die Versuchsschalen in den Wärmeschrank und war überrascht, daß nach zwei weiteren Tagen von dem bisher zutage getretenen Entwicklungsunterschied nichts mehr zu sehen war. Die jungen Pflänzchen schossen jetzt lebhaft aus den *Verbascum*-Kapseln und besonders aus den Plazenten der *Pawlownia* hervor und entwickelten sich dort sogar zu besonderer Üppigkeit

Bei dem Versuche, zu einer Deutung des Ergebnisses zu gelangen, ist zu berücksichtigen, daß die Temperatur im Wärmeschrank dauernd 30° betrug, während sie im Gewächshaus um 25° schwankte, ferner daß eine Übertragung ins Dunkle stattfand. Maßgebend kann demnach für das verschiedene Verhalten der Samen gewesen sein:

1. Der Gegensatz von Licht und Dunkelheit,
2. Die absolute Temperaturhöhe,
3. Die Temperaturschwankung oder -gleichheit.

Dies ist noch weiter zu prüfen. Wahrscheinlich enthalten die Plazenten auch hier eine Hemmungssubstanz, deren Wirkung bei besonders günstigen Keimungsbedingungen nicht mehr zum Ausdruck gelangt, oder aber sich in ihr Gegenteil verwandelt.

Andere Dikotylen.

Salix caprea.

Die Samen von *Salix caprea* wurden von den am Funiculus sitzenden Haaren befreit und dann je zwei Samen in leere, noch grüne, aber trockene Kapseln der Mutterpflanze am Grunde der beiden Fruchtblätter eingelegt. 12 so behandelte Kapseln wurden in einer Reihe in einer Petrischale auf feuchtem Filtrierpapier ausgelegt, links und rechts davon je eine Reihe freier, ebenfalls enthaarter Samen.

Bereits am Tage nach der Aussaat zeigten sich sämtliche Samen gekeimt, in der Entwicklung zeigte sich auch weiterhin kein Unterschied. Die Kapseln von *Salix caprea* üben demnach auf die Keimung der Samen keine hemmende Wirkung aus

Schließfrüchtige

Versuche mit *Tagetes erecta* und *Senecio vulgaris* ergaben keine wesentliche Beeinträchtigung in der Keimung der Achänen durch die Substanzen des Fruchtbodens und des Involucrums. Dagegen keimten die Früchtchen der *Potentilla argentea* auf den Fruchtboden zu 12·5 %, frei ausgesät zu 31 %, auf den Blättern sogar zu 38 %. Dies scheint mir dafür zu sprechen, daß die Untersuchungen, die in jüngster Zeit von Lumière[1] über die keimungshemmende Wirkung toter Blätter angestellt wurden, keine ganz allgemeine Geltung besitzen und jedenfalls diese nicht geeignet erscheint, als allgemeines Erklärungsprinzip für die hier behandelten Hemmungserscheinungen zu dienen

E. Monokotylen.

Über Keimungshemmung bei monokotylen Samen besitze ich noch fast keine Erfahrungen. Samen der *Funkia ovata* keimten außerhalb der Kapseln zu 100 %, während die Kapselsamen fast sämtlich der Fäulnis zum Opfer fielen Ein dort keimfähig gebliebener Same keimte wesentlich später als die frei ausgesäten

F. Keimungshemmung in Antheren.

Im Laufe der Untersuchung kam mir der Gedanke, ob nicht vielleicht auch manche Antheren in ihren Pollenfächern Einrichtungen besitzen möchten, die einer vorzeitigen Keimung des Pollens vorbeugen. Dies erscheint besonders bei solchen Pflanzen der Prüfung wert, deren Pollen sich im gewöhnlichen Wasser zur Keimung bringen läßt. (*Plantago* nach Molisch, *Nicotiana, Galeobdolon luteum, Lysimachia Nummularia, Agapanthus* nach Strasburger) Es gelang mir der Nachweis einer solchen Hemmung bei *Galanthus nivalis,* wo der Pollen in 2 % Zuckerlösung nur abseits von den Antheren Keimschläuche bildete, den Antheren aufliegend dagegen in demselben Tropfen ungekeimt blieb. Ich hoffe, über derartige Versuche später mehr berichten zu können

An dieser Stelle möchte ich auch einige Worte über etwaige Keimungshemmungen bei den Sporen der Pilze anschließen, die ich nicht in die Untersuchung einbezogen habe. Wie bekannt, keimen die Sporen von *Taphrina-* und *Exoascus-*Arten häufig schon in den Schläuchen zu Konidien aus. Über die Bedingungen dieser Keimung sind wir durch Sadebeck[2] für *Exoascus Johansonii* unterrichtet Dieser Autor konnte nämlich zeigen, daß die Sprossung in den Schläuchen bei trockener Witterung unterbleibt, bei feuchter Luft dagegen eintritt Hier scheint demnach kein Hemmungsstoff im *Ascus* vorhanden zu sein. Dagegen sind weitere Ascomyceten und die Fruchtkörper besonders der Gastromyceten gewiß einer Prüfung wert

---

[1] Lumiere Aug., Action nocive des feuilles mortes sur la germination. C. R., Paris 1921, *172*, p. 232 bis 234

[2] Sadebeck R., Beobachtungen und kritische Bemerkungen über die Exoascaceae. Ber. der Deutschen bot. Ges., 1895, Bd. XIII, p 265 bis 280.

Theoretische Zusammenfassung.

Die vorliegende Arbeit ging von der Anschauung aus, daß die Behälter von Fortpflanzungskörpern außer ihrer typischen Funktion, die in der Erzeugung der Fortpflanzungskörper besteht, auch die Fähigkeit besitzen, diese vor einer vorzeitigen Keimung zu bewahren.

Fragen wir nun, wodurch dies erreicht wird, so zeigten sich drei grundsätzlich verschiedene Mittel, die das Unterbleiben der Keimung in den Behältern der Mutterpflanze zur Folge haben:

1. Wasserentziehung
   a) durch Unterbrechung der Zuleitung flüssigen Wassers,
   b) durch osmotisch wirksame Stoffe;
2. Die Erzeugung von Hemmungssubstanzen;
3. Der Abschluß vom atmosphärischen Sauerstoff.

Das Mittel der Wasserentziehung ist von außerordentlicher Wirksamkeit, weil es den keimungsbereiten Embryo zugleich eines unentbehrlichen Quellungs-, Nahrungs- und Transportmittels beraubt und so dreifach wirksam ist. Demgemäß finden wir es vielfach allein angewendet und dürfen uns nicht wundern, daß viele trockene Früchte von einer Hemmungssubstanz nichts erkennen lassen. Da das Wasser der atmosphärischen Niederschläge jedoch in diesen Fällen zur Keimung führen könnte, finden wir die trockenen Behälter, soweit sie aufrechtstehen und nicht aufreißen, in der Regel durch Deckelbildungen (Peristome usw.) geschützt.

In einigen Fällen finden wir das Mittel des Wasserentzuges mit der Ausbildung von Hemmungsstoffen gleichzeitig angewendet. Hier liegt ein besonders wirksamer Schutz vor. Es scheint mir bemerkenswert, daß solche Fälle sich besonders ausgeprägt bei den Solanaceen finden, einer Familie, die auch Vertreter mit fleischigen Früchten besitzt, in denen Hemmungsstoffe angetroffen werden.

Daß ein Auskeimen keimfähiger Fortpflanzungskörper in fleischigen Behältern unterbleibt, kann, wie sich zeigte, in einigen Fällen durch osmotischen Wasserentzug bedingt sein. In den meisten Fällen finden wir jedoch Hemmungssubstanzen, deren Wirksamkeit, wenn die Fortpflanzungskörper im Innern des Behälters eingeschlossen sind, durch Sauerstoffabschluß noch verstärkt erscheint. Vielleicht finden sich auch Fälle, wo alle drei Faktoren zusammenwirken. Im ganzen dürfen wir behaupten, daß die Fortpflanzungskörper der Pflanzen gegen frühzeitige Keimung an der Mutterpflanze außerordentlich wirksam geschützt sind. Da in feuchtwarmen Klimaten das Mittel des direkten Wasserentzuges wenig anwendbar erscheint, so ist zu erwarten, daß eine vergleichende Untersuchung über die Verbreitung keimungshemmender Substanzen in verschiedenen Klimaten solche in feuchtwarmen Gebieten am verbreitetsten, in Steppen und Wüsten aber am seltensten nachweisen wird.

Die Literatur über Hemmungsstoffe im Pflanzenorganismus.

Wenn in dieser Arbeit im Sinne Molischs besondere »Hemmungssubstanzen« zur Erklärung von Keimungshemmungen herangezogen werden, ohne daß es bisher versucht wurde, solche chemisch zu isolieren, so ist dies eine Möglichkeit, von der viele Forscher bereits Gebrauch gemacht haben. Wiesner (l. c.) stützt sich bei der Annahme von Hemmungsstoffen in der Mistelbeere schon auf ältere Arbeiten von Loew und Zopf. Jäger[1] prägte zur Erklärung der »Rübenmüdigkeit« des Bodens den Begriff des »Selbstgiftes«, Reinitzer[2] sprach von Ermüdungsstoffen und Loew erklärte sich die wachstumshemmmende Wirkung des Lichts durch Bildung solcher Substanzen. Es ist ferner bereits seit langem bekannt, daß Pilze in Nährlösungen, in denen sie selbst längere Zeit kultiviert wurden, durch solche »Selbstgifte« geschädigt werden und es ist eine bemerkenswerte Analogie zu den von uns erschlossenen Hemmungssubstanzen, wenn nach Nikitinsky[3] zuweilen auch das Gegenteil beobachtet wird. Statt der Hemmungswirkung fand dieser Forscher in Gefäßen, in denen *Aspergillus niger* schon vorher kultiviert worden war, eine auffallende Vermehrung der Trockensubstanz bei den später dort wachsenden Myzelien dieses Pilzes.

Zu einem Verständnis der Erscheinungen, um die es sich bei unseren »keimungshemmenden Substanzen« mit Wahrscheinlichkeit handeln dürfte, gelangen wir jedoch nur auf Grund einer Kenntnis der Arbeiten die sich mit der »negativen Katalyse« beschäftigen.

Viele organische Substanzen, die in den Organismen ungemein verbreitet sind, wirken nach Bigelow[4] verlangsamend auf chemische Reaktionen ein. Es ließ sich zeigen, daß Spuren von Mannit, Glyzerin, Benzolderivaten die Oxydationsgeschwindigkeit von Natriumsulfit herabsetzen. Nach Young[4] wirken Alkaloide verlangsamend auf die Oxydation von Zinnchlorür ein. Nach Czapek[4], dessen Darstellung wir hier folgen, soll eine Oxydationshemmung in geotropisch gereizten Wurzelspitzen stattfinden. Die Annahme von negativen Katalysatoren erscheint nach Czapek sogar als theoretische Notwendigkeit. Er schreibt darüber:

»Bei weiterer Umschau in dem Heer der chemischen Erscheinungen, die wir in den organischen Wesen beobachten, wird es in der Tat sehr wahrscheinlich, daß nicht nur den Katalysatoren der Zelle, den Enzymen, eine wichtige Rolle zukommt, sondern daß eine wichtige Gruppe von Vorgängen im Stoffwechsel unserer Entdeckung harrt, welche in der Verzögerung der Reaktionen, in der Herabsetzung der Geschwindigkeit verschiedener chemischer Reaktionen im Organismus besteht. Der Begriff des Organismus als selbstregulierender Mechanismus, wie die Physiologie der neueren Zeit ihn allmählich herangebildet hat, würde uns die Annahme von Reaktionsverzögerungen theoretisch nahelegen, selbst wenn wir noch ohne jede Kenntnis von einschlägigen Erscheinungen wären.«

---

[1] Jäger G., Über Ermudungsstoffe der Pflanzen. Ber. der Deutschen bot. Ges., 1895, XIII, p. 70 bis 72.

[2] Reinitzer Fr., Über Ermüdungsstoffe der Pflanzen. Ber. der Deutschen bot. Ges., 1893, Bd. XI, p. 532 bis 537.

[3] Nikitinsky, Beeinflussung der Organismen durcheinander. Jahrb. für wiss. Bot., *30*, 1904. Zitiert nach Grafe V., Chemie der Pflanzenzelle. Berlin 1922, p. 177.

[4] Czapek Fr., Antifermente im Pflanzenorganismus Ber. der Deutschen bot. Ges., 1903, Bd. XXI, p. 231 ff.

Es scheint mir hiernach mehr als eine unbegründete Vermutung zu sein, wenn ich glaube, daß auch die hier erschlossenen Hemmungssubstanzen in den Kreis dieser Erscheinungen sich werden eingliedern lassen. Ist es doch höchst unwahrscheinlich, daß die Mutterpflanze die eigenen Fortpflanzungskörper durch eigentliche Selbstgifte schädigt. Bedenken wir auch, daß die Keimung, chemisch betrachtet, u. a. in Oxydationsprozessen besteht, deren Zurückdrängung durch Antioxydasen oder andere Stoffe von negativ katalytischer Wirksamkeit eine befriedigende Erklärung der hier beschriebenen Hemmungserscheinungen liefern könnte.

Über diese Andeutungen möchte ich in chemischer Beziehung nicht hinausgehen und zum Schlusse nur noch betonen, daß gerade in der keimungsphysiologischen Literatur der letzten Zeit mehrfach von Hemmungsstoffen die Rede war. Neger[1] schreibt der Flüssigkeit, in der die Konidien einer *Pestalozzia*-Art von dem Myzel der Mutterpflanze abgeschieden werden, eine keimungshemmende Wirkung zu, Zlataroff[2] fand, daß Samen von *Cicer arietinum* in der Keimung durch die eigenen Stoffwechselendprodukte beeinträchtigt werden. Gassner[3] nimmt an, daß die Wirkung des Lichtes auf lichtgehemmte Samen in der Aktivierung eines »äußeren Hemmungsprinzips« zu erblicken sei und Magnus[4] gelang es sogar, bei *Phacelia tanacetifolia* einen derartigen Hemmungsstoff aus den Samen zu isolieren. Auch Simon[5] ist hier zu nennen.

---

[1] Neger, Keimungshemmende und keimungsfördernde Stoffwechselprodukte. Naturw Wochenschr, Neue Folge, XVII, p 141 bis 142

[2] Zlataroff A., Über das Altern der Pflanzen. Zeitschr für allg. Physiologie, XXII Bd, 2 Heft, 1916.

[3] Gassner G., Beiträge zur Frage der Lichtkeimung, Zeitschr. für Bot., 1915, p 609 ff

[4] Magnus W., Hemmungsstoffe und falsche Keimung. Ber. der Deutschen bot. Ges., 1920, p. (19) bis (20).

[5] Simon S V, Über den Einfluß des Lichts auf die Entwicklung der Keimlinge von *Bruguiera eriopetala*. Ber. der Deutschen bot. Ges., Bd. XXXIX, 1921, p 165 ff

Ergebnis für die angewandte Botanik.

Für den Praktiker entbehrt der Nachweis von Hemmungsstoffen in Früchten nicht des Interesses. Der zuweilen günstige Einfluß, den das Waschen der Samen auf die Keimkraft ausübt (Kinzel), erhält hier eine theoretische Begründung, ebenso dürfte für den schädlichen Einfluß, den Nobbe[1] bei Samen des Weinstocks hinsichtlich der Keimfähigkeit beobachtete, wenn diese in den einschrumpfenden Beeren nachreiften, durch die vorliegende Arbeit eine Erklärungsmöglichkeit gewonnen sein, falls er nicht auf Alkoholbildung beruhte.

Zusammenfassung.

Die Erfahrung, daß die meisten Samen in den Früchten nicht keimen, während sie, diesen entnommen, auf Sand oder Filtrierpapier leicht zur Keimung veranlaßt werden, führte Molisch zur Aufstellung eines bisher nicht im Zusammenhange behandelten Problems: Warum unterbleibt die Keimung von Fortpflanzungskörpern in den Behältern der Mutterpflanze?

Die vorliegende Arbeit ist der Versuch einer experimentellen Lösung des Problems. Es zeigt sich, daß das Unterbleiben der Keimung auf drei Ursachen beruht: Wassermangel, Sauerstoffmangel und Hemmungsstoffen.

Während einige Fortpflanzungskörper bei Aussaat auf feuchtem Filtrierpapier ebenso willig bei Gegenwart von Frucht-, bzw. Sporangiensubstanz der eigenen Art keimen wie bei Abwesenheit solcher Substanz (Samen von *Phaseolus vulgaris, Lupinus luteus, Lepidium, Cheiranthus Cheiri, Salix caprea),* zeigen andere sehr bedeutende Keimungshemmungen unter den gleichen Bedingungen (z. B. Brutkörper von *Marchantia polymorpha* in den Bechern, Sporen von *Funaria hygrometrica,* Samen von *Solanum Lycopersicum, Nicotiana rustica Capsicum annuum, Cucumis sativa, Lagenaria vulgaris* u. a.).

Besonders für *Solanum Lycopersicum* und *Nicotiana rustica* wird gezeigt, daß diese Hemmungswirkung der Fruchtsubstanz ihrer Masse proportional ist. Da die Wirkung der Fruchtsubstanz durch Erhitzen auf 100° bei *Solanum Lycopersicum* geschwächt wird, fallen hier andere Erklärungsmöglichkeiten fort und die Annahme von Hemmungsstoffen wird zur Notwendigkeit. Bei den anderen Objekten der zweiten Kategorie darf das Vorhandensein derartiger Substanzen als sehr wahrscheinlich gelten.

---

[1] Nobbe Fr., Untersuchungen über die Anzucht des Weinstocks aus Samen. Landwirtschaftliche Versuchsstationen, Bd. 30, 1884, p. 229 bis 240.

Die bisher in der Literatur beschriebenen Versuche über Keimung von Samen in der Frucht beziehen sich nur auf Leguminosen. Sie erweisen sich als methodisch unzulänglich und erlauben keine Schlüsse. Ihre Methodik wird durch eine einwandfreiere ersetzt, die sich je nach der Größe und dem Feuchtigkeitsgehalt der Objekte verschieden gestaltet.

Eine chemische Gewinnung der Hemmungsstoffe wurde bisher nicht versucht. Jedoch führt eine Betrachtung der Literatur zu der vorläufigen Arbeitshypothese, daß es sich um »negative Katalysatoren« handle, und zwar um solche, die auf die für die Keimung wesentlichen Oxydationsprozesse verlangsamend einwirken. Ob die Wirkung der Hemmungsstoffe als spezifisch zu betrachten ist, wurde bisher nicht näher geprüft.

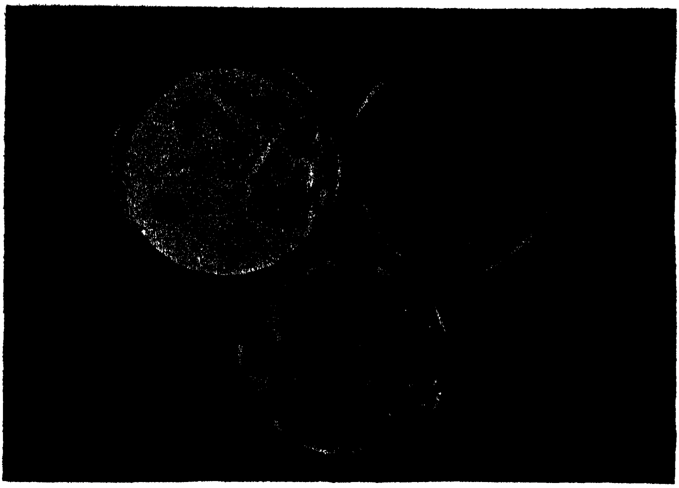
Nachtrag.

Weitere Versuchsergebnisse: *Lonicera tatarica* lieferte bei freier Aussaat nach 13 Tagen die ersten Keimlinge, im Fruchtsaft ging der erste Same erst nach 43 Tagen auf. Für *Lonicera Xylosteum* ließ sich ebenfalls Hemmung durch eigenen Fruchtsaft nachweisen (Hemmungsreihe).

Bei *Solanum Lycopersicum* (Leonhards *Ambrosia*) untersuchte ich, ob der Saft unreifer Früchte verschiedener Stadien keimungshemmend auf reife Samen wirke und fand, daß dies selbst bei solchen Früchten nicht der Fall ist, die schon keimfähige Samen enthalten. Erst im letzten Stadium der Fruchtreife bildet sich demnach der Hemmungsstoff aus. Auf eine eingehende Darstellung der Versuche muß im Augenblick verzichtet werden.

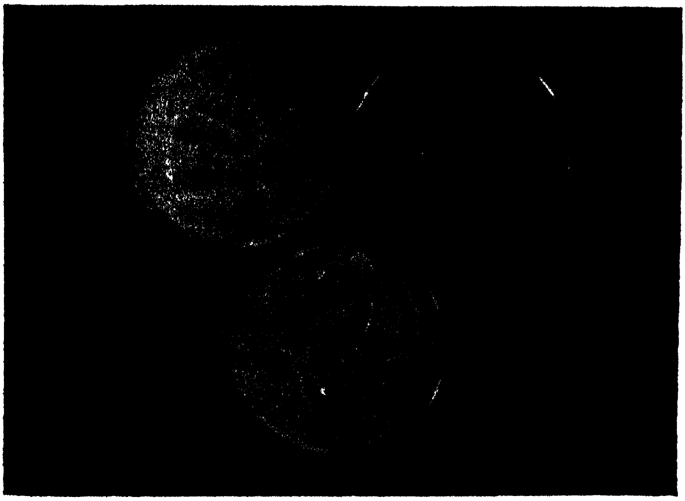
Berlin-Lichterfelde, den 8. XI. 1922.

Oppenheimer H.: Unterbleiben der Keimung.



Lagenaria vulgaris.

Rechts oben: Schale *A*. Ungewaschene Samen auf Fruchtfleisch keimen nicht.
Unten: Schale *B*. Ungewaschene Samen auf Filtrierpapier keimen schlecht.
Links oben: Schale *C*. Gewaschene Samen auf Filtrierpapier keimen gut.



Cucumis sativa.

Rechts oben: Schale *A*. Gewaschene Samen auf Fruchtteilen keimen nicht.
Links oben: Schale *B*. Ungewaschene Samen auf Filtrierpapier keimen schwach.
Unten: Schale *C*. Gewaschene Samen auf Filtrierpapier keimen gut.

Gedruckt auf Kosten des Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Was ist *Spondylostrobus Smythii* F. v. Mueller?

Von

B. Kubart in Graz

(Mit 1 Tafel und 3 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 13. Juli 1922)

Der um die floristische Erforschung seiner zweiten Heimat Australien hochverdiente Deutsche B. F. v. Mueller berichtet auf p. 7 der 1. Dekade seiner »Observations« (Mueller III) vom Jahre 1874, daß er schon im »Geol. Magazine« des Jahres 1870 dieses Fossil erwähnt habe. Mueller bezeichnete in dieser vorläufigen Mitteilung des »Geol. Magazine« mit dem Namen *Spondylostrobus Smythii* Früchte. Aber erst in der bereits erwähnten 1. Dekade seiner »Observations« brachte er auf p. 7 ff. die volle Diagnose der neuen Gattung und Art. Auch hier versteht Mueller unter dem Namen *Spondylostrobus Smythii* nur diese »Koniferen«-Früchte aus den Tonen von Haddon. P. 27 derselben Arbeit (Mueller III) erwähnt Mueller dann einen weiteren Fundort für diese Früchte, Orange in Neu Süd-Wales. Gleichzeitig bezieht er sich auf seine vorläufige Notiz im Geologischen Magazin, gibt aber hiefür an dieser Stelle das Jahr 1871 an. Welche Jahresangabe, ob letztere oder die von p. 7 mit 1870 richtig ist, kann ich bei der Unmöglichkeit der Einsichtnahme der betreffenden Zeitschrift nicht entscheiden, sie ist aber glücklicherweise nomenklatorisch ohne Belang. Im übrigen sei bemerkt, daß Mueller noch hinzufügt, er habe auch in R. Brough Smyths Reports of Mining Surveyors von 1871, März, Taf. I, über dieses Fossil Mitteilung gemacht.

In der II. Dekade seiner »Observations«, erschienen 1883, meldet Mueller die Auffindung von *Spondylostrobus*-Früchten[1] in Tasmanien und stellt nun auch Blätter, die am gleichen Fundorte gefunden wurden, zu *Spondylostrobus* (p. 13). Gleichzeitig vermutet er, daß »the fossil pine-wood, gathered at the localities, at which *Spondylostrobus*-fruits were obtained, will prove conspecific«. Dies führt er dann auch p. 22 derselben Arbeit kurzerhand durch, indem er schreibt »the huge fossil stems... noticed in the auriferous drifts at Haddon, are assumed by the writer to belong to *Spondylostrobus*, with the fruits of which this wood is there associated«.

---

[1] Im »Annual report of the department of mines, New South Wales, for 1878« meldet B. F. v. Mueller *Spondylostrobus Smythii*-Früchte auch aus Gulgong, Neu Süd-Wales.

Nacheinander hat also F. Mueller mit dem Namen *Spondylostrobus Smythii* Früchte, Blätter und Holzreste belegt, den Beweis über deren Zusammengehörigkeit hat aber Mueller an keiner Stelle wissenschaftlich exakt erbracht; denn ein Zusammenvorkommen kann unter Umständen eine wertvolle Ergänzung des Beweises der Zusammengehörigkeit darstellen, kann aber nie als Beweis selbst angesehen werden.

I. Das Holz.

Mir liegt ein Stück Holz vor, das ich in den Sammlungen der Wiener geologischen Reichsanstalt[1] gefunden habe und das zwei von Mueller geschriebene Etiketten trägt. Der Text der einen lautet: »Phytologic Museum of Melbourne. *Spondylostrobus Smythii* F. v. Mueller. Im Pliozän von Ballarat[2] bedeutend tief überflossen von Basalt.« Auf der zweiten Etikette steht derselbe Name und dann noch die Bemerkung: »Stämme sehr lang und bis 3 Fuß Durchmesser«.

Das Holzstück ist 17 *cm* lang, 10 *cm* breit und 3 *cm* dick und stellt eigentlich einen tangentialen Ausschnitt aus einem mächtigen Baumstamme dar, denn die außerordentlich deutlich sichtbaren Zonen der Jahresringe zeigen eine sehr geringe Krümmung, was mit der Angabe Muellers, daß die Stämme bis 3 Fuß = rund 90 *cm* Durchmesser haben, vollends übereinstimmt. Das Holz zeigt keine besonderen Spuren von Fossilisation, nur daß es kastanienbraun geworden ist und es läßt sich daher ohne weiteres mit dem Rasiermesser schneiden. Bei dieser ausgezeichneten Erhaltung ist auch ohne weiteres zu verstehen, daß die Bergleute von Ballarat, wie Smyth in der Einleitung zu den Observations von 1874, p. 5, berichtet, »were surprised to find in the darkblue and black clays overlying the auriferous drifts, large trees, some in such perfect preservation as to admit of the wood being converted to use«.

Mueller beschreibt das Holz als ein Koniferenholz und reiht es in *Cupressinoxylon* im Sinne Goepperts ein. Damit hat Mueller Recht gehabt und mehr kann man von ihm billigerweise für damalige Zeit nicht erwarten. Dazu kommt eine Schwierigkeit, auf die wir noch zurückkommen werden: Die Markstrahlen sind so vollgefüllt mit einer braunen, harzigen (?) Masse, daß die Feststellung der Art der Markstrahltüpfelung im höchsten Maße erschwert ist. Die diesbezüglichen Angaben und Zeichnungen seiner Taf. XX sind auch vollends unrichtig.

---

[1] Jetzt: Geologische Staatsanstalt.

[2] Identisches Fundortsgebiet mit Haddon?

Der Querschnitt (Photo 1) des Holzes zeigt normale Jahresringe, wie wir sie bei einem Koniferenholze unserer Gegenden zu sehen gewohnt sind. Die Breite des Jahreszuwachses erreicht an dem vorliegenden Stücke bis gegen 2 *mm*. Auf den ersten Blick ersieht man, daß das Holz nur aus Tracheiden, Holz(Harz-)parenchymzellen und Markstrahlen zusammengesetzt ist. Die Tracheiden sind vollends reihig angeordnet und in jedem Jahresring bildet das Frühholz mit der Übergangszone die Hauptmasse des Holzes, während das eigentliche Spätholz auf einige wenige Tracheidenreihen beschränkt ist. Der Übergang vom Frühholz zum Spätholz erfolgt sehr langsam, wie übrigens an Photo 1 ausgezeichnet zu ersehen ist. In den letzten Reihen der Spätholztracheiden finden sich Radial- und Tangentialhoftüpfel, sonst sind nur Radialhoftüpfel festzustellen. Das Holzparenchym ist bis auf das erste Frühholz, das so gut wie frei von Holzparenchym ist, gleichmäßig über den Jahresring verteilt, nur manchmal sieht es aus, als ob im Spätholz eine Häufung des Holzparenchymes eintreten würde. Überdies bilden die Holzparenchymzellen gern eine Art tangentialer Bänder, wie dies z. B. auch in Photo 1 einigermaßen zur Geltung kommt. Ich kann aber nicht behaupten, daß dies ein spezifisches Merkmal von *Spondylostrobus* darstellt. Die Harzparenchymzellen sind vollends mit der gleichen braunen Harzmasse erfüllt wie die Markstrahlen und diese Tatsache behindert am Querschnitt jeden weiteren Einblick, so daß wir uns mit den am Radialschnitte gewonnenen Beobachtungen begnügen müssen, die aber, wie wir sehen werden, für diesen Fall genügen.

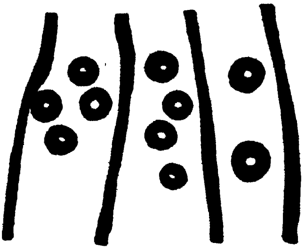


Fig. 1. »Opponierte« und »alternierende« Stellung der Hoftüpfel an den Radialwänden der Tracheiden.

Die Hoftüpfel stehen an der Radialseite der Tracheiden normalerweise in einer Reihe (Photo 2), und zwar einzeln oder mehr minder in Gruppen bis Reihen zusammen, aber nur ab und zu finden sich Stellen, wo mehrere Hoftüpfel einander »opponiert« oder miteinander in »Alternation« sind, in beiden Fällen sich gewöhnlich jedoch nicht berührend (Fig. 1), wenn auch das Gegenteil vorkommt. Eine »araukarioide« Verteilung der Hoftüpfel ist aber absolut nicht vorhanden und auch von einer direkt opponierten Stellung der Hoftüpfel kann man nicht sprechen. Ganz im Gegenteil scheinen die Hoftüpfel überhaupt recht sparsam vorhanden zu sein. Ab und zu findet man auch ober- und unterhalb der Hoftüpfel Streifen

(Photo 2), die man als Sanio'sche Streifen ansprechen muß, ihr Auftreten ist aber sehr selten. An den Hoftüpfeln des Frühholzes fällt gewöhnlich eine vom Torus ausgehende radiale Streifung der Schließhaut auf, ähnlich dem Bilde, wie es etwa Wilhelm in den Rohstoffen p. 8 für *Abies pectinata* und *Larix europaea* gibt. Die Höhe und Breite der Hoftüpfel des ersten Frühholzes beträgt etwa 19×21 μ, des letzten Spätholzes 8×10 μ in beiden Massen. Die Tracheiden selbst weisen weder Spiralverdickungen noch Spiralstreifung auf, ihre Wände sind vollends glatt. An mehreren Stellen habe ich auch Sanio'sche Balken, wie sie C. Müller näher beschrieben hat, beobachtet.

Holzparenchym ist, wie schon vorher erwähnt wurde, recht häufig und seine Zellen sind mit einer braunen Masse erfüllt. Die einzelnen Zellen des Holzparenchymes sind verschieden lang, seine Querwände sind unverdickt (Photo 3 und Fig. 2), deren Beobachtung ist aber durch die anlagernden braunen Harz(?)massen oft sehr erschwert, zumal auch durch letztere häufig genug »Querbrücken« in den Zellen gebildet werden, die wirklichen Querwänden zum Verwechseln ähnlich sehen. Die Mueller'schen (l. c. IV, Taf. XX, Fig. 2 und 4) querwandlosen Holzparenchymzellen sind daher unrichtig gezeichnet, das Vorkommen von Querwänden ist einwandfrei festzustellen, wie auch aus den beigefügten Abbildungen (Photo 3 und Fig. 2) ohne weiteres ersichtlich ist. Die Wände des Holzparenchymes zeigen die übliche Tüpfelung, d. i. einseitige Hoftüpfel (Photo 3) mit spaltenförmigem Tüpfel auf der Holzparenchymseite, die aber mit 5 μ Durchmesser noch kleiner sind als die Hoftüpfel des Spätholzes. Die Größe dieser Holzparenchymtüpfel bleibt sich gleich, ob das Holzparenchym im Frühholz oder Spätholz ausgebildet ist.

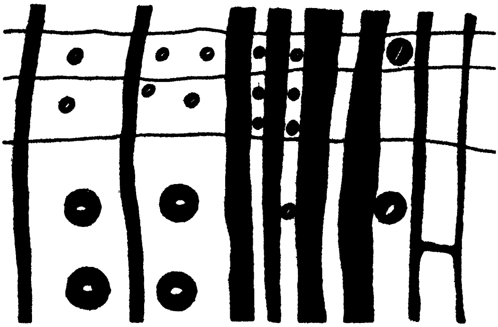


Fig. 2. Radialschnitt mit Frühholz und Spätholz.

Harzgänge waren am Querschnitte nicht zu sehen, sie finden sich auch nicht am Radialschnitte, weder im Holze noch in den Markstrahlen, man sieht nicht einmal zu Gruppen zusammengefaßte kurzzellige Holzparenchymzellen als Vorboten von Harzgängen.

Die Markstrahlen sind rein parenchymatisch mit glatten Wänden und sind zur Gänze mit der gleichen braunen, strukturlosen Masse erfüllt wie die Holzparenchymzellen, welche homogene Ausfüllung aber durch bläschenförmige Hohlräume unterbrochen ist. Dieses Bild hat Mueller (l. c. IV) in Fig. 2, aber auch 4 seiner Taf. XX richtig wiedergegeben, es ist das gleiche Bild, wie man es im Holzparenchyme sieht. Von den wichtigen Markstrahltüpfeln ist aber keine Spur zu sehen, denn die braune Masse, die nicht bloß durch die lange Zeit, sondern ganz besonders wohl auch durch die Hitzewirkung bei dem seinerzeitigen Überdecktwerden des Holzes vom vulkanischen Materiale nachgedunkelt sein mag, ist viel zu undurchsichtig, um dies zu gestatten. Mit radial zerschnittenen Markstrahlen zu arbeiten ist aber — meiner Auffassung nach — eine mißliche Sache, da so viel zu leicht bereits angeschnittene Markstrahltüpfel zu Mißdeutungen führen können. Mit vieler Mühe gelang es mir aber, an einzelnen lichteren Stellen bei starker Beleuchtung im Kreuzungsfelde Hoftüpfel festzustellen und diese nicht ganz klaren Beobachtungen bestimmten mich um so mehr alles zu versuchen, irgendwie das »Harz« zu lösen und nicht mit angeschnittenen Markstrahlen, die mir da und dort im Kreuzungsfelde »eiporige« Bildungen anzudeuten schienen, meine Untersuchung sich begnügen zu lassen. Bernstein als fossiles Harz löst sich in Alkohol, so erwartete ich dies auch hier, aber mehrtägiges Liegenlassen von Schnitten in Alkohol wie auch stundenlanges Kochen von Schnitten in Alkohol blieben erfolglos, vielleicht der Zellwände und der Kürze der Zeit wegen.[1] Erst mehrtägiges Einlegen von Schnitten in Chloroform und nachherige Aufhellung in Glyzerin brachte einige Kreuzungsfelder in einiger Reinheit zur Beobachtung — an diesen Stellen dürfte das »Harz«[2] aufgelöst worden sein — so daß ohne Zweifel, wie auch die Photos 4 und 5 und Fig. 2 und 3 zeigen, als feststehend angesehen werden kann, daß sowohl im ersten Frühholz

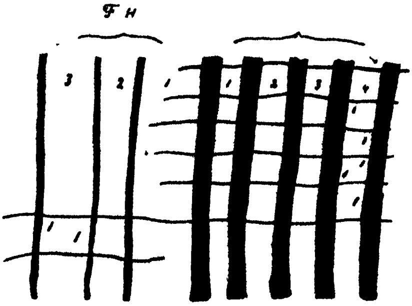


Fig. 3. Skizze zur Erläuterung der beiden Photos 4 und 5. Näheres in der Tafelerklärung.

---

[1] Aber selbst nach mehr als 5 Monaten zeigten in Alkohol liegende Schnitte keine Auflösung des Inhaltes der Markstrahl- und Holzparenchymzellen.

[2] Diese Tatsache, wie auch der Mißerfolg mit Schnitten, die viele Monate in Alkohol lagen, ließen mich nicht ruhen, der Natur dieses braunen Inhaltsstoffes nachzuspüren. Leider gibt es keine spezifischen Harzreaktionen (Molisch, Mikrochemie, II. Aufl., p. 167). Da aber schon kleinere Splitter des fossilen Holzes beim Verbrennen einen typischen Akroleingeruch verbreiten und auch mit Osmiumsäure eine mehr minder deutliche Schwärzung des braunen Inhalts zu erreichen war, so dürfte es sich hier wohl um Fettstoffe und nicht um Harz handeln. Damit würde

(Photo 4) als auch im letzten Spätholz (Photo 5) in jedem Kreuzungsfeld typisch einseitige Hoftüpfel mit steil orientiertem Porus vorhanden sind. Als ihre gewöhnliche Zahl ist im Frühholz 1 bis 2 anzusehen, auch 3, selbst 4 können es wohl manchmal sein, das hängt mit der Größe des Kreuzungsfeldes zusammen, bedingt durch die Tracheiden und Markstrahlen, und diese sind Schwankungen unterworfen. So können z. B. einstöckige Markstrahlen sehr hoch und auch sehr niedrig sein und das bedingt im ersteren Falle mehrere Tüpfel im Kreuzungsfelde, im letzteren selbstredend weniger. Die Feststellung der Markstrahltüpfelung ist für die Bestimmung das Ausschlaggebende, wie wir sofort feststellen werden, aber ohne die Ergebnisse der Xylopaläontologie der letzten 20 Jahre müßten wir trotzdem bei *Cupressinoxylon* wie Mueller stehen bleiben. Die Markstrahlen sind, wie der Tangentialschnitt zeigt, regelmäßig einreihig, nur selten kommt eine Art Zwei(Mehr-)reihigkeit (Photo 6) zur Ausbildung, gewöhnlich so, daß der obere Teil des Markstrahles zwei(mehr-)reihig, der untere aber normal einreihig ist oder umgekehrt; aber auch in der Mitte des Markstrahles tritt ab und zu Mehrreihigkeit auf. Die Höhe der einzelnen Markstrahlzellen variiert entsprechend der gerade vorher gemachten Angabe, beträgt aber in gewöhnlichen mehrstöckigen Markstrahlen etwa 13·5 bis 19 μ, die Breite 10 bis 16 μ, gemessen am Tangentialschnitte. Es wurden bis 18stöckige Markstrahlen festgestellt.

Durch die Art der Stellung der Hoftüpfel an den Radialwänden der Tracheiden sind araukarioide Hölzer — d. i. *Dadoxylon* — ausgeschlossen. Die durchwegs glatten Markstrahlwände schließen die Hölzer mit Abietineen und *Juniperus*-Tüpfelung wie auch *Saxegothaea* aus und es bleiben nur mehr noch folgende 3 Reihen übrig:

I. *Taxoxylon (Taxus, Cephalotaxus, Torreya);*
II. *Cupressinoxylon, Taxodioxylon—Glyptostroboxylon;*
III. *Podocarpoxylon—Phyllocladoxylon—Sciadopitys.*

Die Reihe I kommt wegen des Mangels von Spiralverdickungen an den Tracheiden auch sofort außer Betracht und die *Cupressinoxylon*-Reihe fällt durch die bei *Spondylostrobus* auch im Frühholz so typische steile Stellung und schmale Gestalt des Porus der Markstrahltüpfel. Nachdem es sich in unserem Falle um ein jungtertiäres Holz handelt, so können wir überdies wohl auch trotz eventueller Bedenken pflanzengeographische Tatsachen aus der Jetztzeit ins Treffen führen, wobei wir feststellen, daß von den zu

---

die geringe oder überhaupt ausbleibende Löslichkeit in Alkohol und die bessere Löslichkeit in Chloroform vollends übereinstimmen, überdies auch das ganz gleichartige Bild, das Fettstoffe enthaltende Markstrahlen- und Holzparenchymzellen rezenter Hölzer nach Behandlung mit Osmiumsäure bieten und das mit dem von *Spondylostrobus* gebotenen Bild der Markstrahlen- und Holzparenchymzellen ausgezeichnet übereinstimmt.

Cupressinoxylon im heutigen Sinne zu stellenden Gattungen — *Taxodioxylon* und *Glyptostroboxylon* kommen überhaupt nicht in Betracht — nur *Callitris incl. Frenela* und *Widdringtonia, Libocedrus* und *Actinostrobus* als derzeitige Mitglieder des australischen Florengebietes auch in den Kreis unserer Betrachtungen und Feststellungen gezogen werden könnten. Die Tüpfelungsverhältnisse ihrer Kreuzungsfelder sprechen aber auch gegen diese Möglichkeit und so bleibt die dritte Reihe *Podocarpoxylon—Phyllocladoxylon—Sciadopitys* allein übrig, ersteres *Podocarpus* und *Dacrydium* umfassend und im Kreuzungsfelde 1 bis 2, selten mehr schmalspaltige, steilgestellte bis kleineiporige Tüpfel führend, letzteres mehr minder großeiporig und gewöhnlich nur 1 Eipore pro Kreuzungsfeld. *Sciadopitys,* die sich anschließt, fällt durch die Eigenartigkeit ihrer Eiporen überhaupt sofort hinweg. Aber auch zwischen *Podocarpoxylon* und *Phyllocladoxylon* ist die Wahl nicht schwer, sie muß ohne Zweifel auf *Podocarpoxylon* fallen, dessen beide Gattungen, *Podocarpus* und *Dacrydium* auch heute noch im australischen Gebiet reichlich vertreten sind.

Unzweifelhafte fossile Hölzer von *Podocarpus* und *Dacrydium* sind in der Literatur keineswegs reichlich zu finden und auch in der neueren Zusammenfassung von Kräusel findet man diese Tatsache bestätigt. Es fragt sich nun vor allem, ob unser Fossil mit einer bereits bekannten sicheren Art identifiziert werden kann. Da möchte ich zuerst einmal feststellen, daß Schenk 1890, p. 872, Fig. 424/25, einen *Phyllocladus Mülleri* Schenk abbildet und beschreibt, der von demselben Fundorte stammt wie *Spondylostrobus Smythii,* welch letzterer aber mit dem Fossile Schenks absolut nichts zu tun hat. Schon die Abbildungen — deren Richtigkeit angenommen — besonders die Eiporen des Kreuzungsfeldes, genügen, um diese Behauptung zu bestätigen. Ich bin aber selbst gegenüber den von Schenk an obiger Stelle gegebenen Abbildungen mißtrauisch, um so mehr als Schenk erwähnt, daß auch sein Material aus den »goldführenden Sanden von Ballarat«, also dem gleichen Fundorte wie *Spondylostrobus,* stammt, worauf schon hingewiesen wurde und ebenfalls von F. v. Mueller gespendet worden ist. Eine Überprüfung des voraussichtlich noch in der botanischen Sammlung zu Leipzig befindlichen Stückes wäre zur Klarstellung unbedingt nötig, denn mit den Abbildungen und der Beschreibung Schenks kann man zu keinem einwandfreien Resultate kommen. Ich kann daher nicht ohne weiteres wie Kräusel (l. c.) erklären, daß hier ein »*Phyllocladoxylon* unzweifelhaft vorliegt«. Mit unserem *Spondylostrobus* hat aber *Phyllocladus Mülleri* im Sinne Schenks absolut nichts gemein.[1]

---

[1] Damit soll aber nicht die Möglichkeit abgestritten werden, daß das Schenksche Material als vom gleichen Fundorte stammend auch nichts anderes als ein *Spondylostrobus Smythii* ist. Ein Versuch, aus dem Leipziger botanischen Institut das Material zu erhalten, blieb ohne Erfolg.

Ein gleiches gilt für das tertiäre südamerikanische *Glyptostroboxylon Göpperti* Conwentz, das leider ohne jede Abbildung veröffentlicht worden ist. Gothan (1908) hält es p. 9 für ein *Podocarpoxylon* und bemerkt, daß es »ziemlich häufiges Holzparenchym« habe. Kräusel schreibt 1919 »ohne Parenchym (?)«; Conwentz selbst sagt aber klar in seiner Diagnose: »Tracheidibus leptotichis, poris areolatis magnis, contiguis, uniserialibus; cellulis parenchymatosis resiniferis subcrebris; radiis medullaribus uniserialibus, e cellulis 1—25 superpositis formatis, poris earum magnis rotundis.« Da es aber nach Conwentz, wie auch Kräusel (l. c.) richtig anführt, große runde Eiporen als Markstrahltüpfel haben soll, so kann es wohl kaum als *Podocarpoxylon* im Sinne Gothans gedeutet werden. Allerdings gilt auch hier: ohne Original ist eine völlige Klärung unmöglich. Für eine Übereinstimmung mit *Spondylostrobus* kommt es aber schon allein durch die vermutlichen Eiporen (*pori magni rotundi*) nicht in Betracht, aber auch die *pori contigui* sprechen dagegen.

Über *Podocarpium dacrydioides* Unger (1854) von Auckland und Coromandel (Neuseeland) ist ohne Einsicht des Originalmateriales — das nach meinen bisherigen Bemühungen unauffindbar zu sein scheint — überhaupt nicht zu sagen, was es ist, es fällt also bei dem weiteren Vergleiche vollends weg.[1]

Kräusel zählt in seiner Zusammenfassung noch eine Reihe von *Podocarpoxyla* auf, die aber alle wegen der Eiporigkeit im Kreuzungsfelde zum Vergleiche mit unserem Holze nicht in Betracht kommen. Es sind dies *Podocarpoxylon aparenchymatosum* Goth., *P. Gothani* Stopes, *P. Mc. Geei* Sinnot-Bartlett, *P. priscum* Prill, *P. Solmsi* Stopes, *P. Woburnense* Stop. und dann noch *P. spec.* Goth. aus Tschenstochau und *P. sp.* Holden aus Yorkshire. Leider war es mir unmöglich, die Originalbeschreibungen und Abbildungen dieser Arten von Stopes, Sinnot und Holden einzusehen, ich muß mich auf die Angaben von Kräusel beschränken; unter Annahme deren Richtigkeit kann aber keines dieser Hölzer mit *Spondylostrobus* zusammengelegt werden. Nur *P. bedfordense* und *P. Schwendae*, das ich selbst seinerzeit beschrieben habe, kommen für einen Vergleich überhaupt in Frage. Bei ersterem steht aber nur 1 Tüpfel im Kreuzungsfelde, welche Tatsache mit unserem Fossile absolut nicht in Einklang zu bringen ist, wo 1 bis 2 als Regel, aber auch 3 bis 4 vorkommen können. Die Angabe Kräusels über die Alternation der Radialhoftüpfel kann aber ohne Einsicht einer Originalabbildung (Bedeutung des Wertes unretuschierter guter Photos und Zeichnungen!) oder des Originalmateriales selbst nur sehr schwer zum Vergleiche herangezogen werden. Da mir dies aber unmöglich, ist es müßig, über diese

---

[1] Es soll in der geolog.-paläontol. Abteilung des Wiener Naturhistorischen Staatsmuseums erliegen.

Frage hier Worte zu verlieren; dies um so mehr, als auch das Tüpfelungsverhältnis des Kreuzungsfeldes die Identität der beiden Fossilien ausschließt. Aber auch das geologische Alter — Grünsandstein für *P. bedfordense* und Jungtertiär für *Spondylostrobus* — können wohl auch als Grund für die Verschiedenheiten der beiden Fossilien angeführt werden.

Kritischer ist die Frage bei *Podocarpoxylon Schwendae* Kub. Nach neuerlicher genauer Untersuchung des schwierig mikroskopierbaren Holzes habe ich meinen seinerzeitigen Angaben eigentlich nichts hinzuzufügen. *P. Schwendae* hat im Kreuzungsfelde des Spätholzes steilgestellte Markstrahlhoftüpfel mit spaltenförmigem Porus, im Frühholz behöfte bis fast ganz oder ganz unbehöfte (Eiporen), deren Längsaxe aber nicht bloß mehr minder steil geneigt bleibt, sondern oft in dem Nachbarkreuzungsfelde, ja sogar in demselben Kreuzungsfelde auch horizontal sein kann. Ich bemerke auch hier, daß alle untersuchten Stellen auf mich nicht den Eindruck verschiedener Erhaltungszustände machten, sondern unzweifelhaft den ursprünglichen Zustand darstellen und daß diese Beobachtungen nicht aus der Zone der Markkrone stammen, mit anderen Worten, *Podocarpoxylon Schwendae* dürfte eben einen alten Sammeltyp darstellen, wie auch schon seinerzeit bemerkt worden ist. Stellt man nun wichtige Merkmale von *Spondylostrobus Smythii* und *Podocarpoxylon Schwendae* einander gegenüber, so ist wohl auf den ersten Blick unzweifelhaft eine auffallende Übereinstimmung beider Fossilien festzustellen, der man sich aber bei genauer Überlegung doch nicht anschließen kann:

	Spondylostrobus Smythii:	*Podocarpoxylon Schwendae:*
Holzparenchym	reichlich	ab und zu
Markstrahlen	bis 18stöckig	bis 13stöckig
	Mehrreihigkeit eigentlich fast nie, nur ganz selten, aber nicht an die Mitte gebunden	selten, aber nicht an die Mitte gebunden
Markstrahltüpfel im Kreuzungsfelde	1 bis 2, auch 3 bis 4	1 bis 2, 3 bis 5.

Der Unterschied in der Häufigkeit des Holzparenchymes darf im allgemeinen nie recht als ausschlaggebend angesprochen werden, das kann individuell sein. Da jedoch sonst alles stimmt, besonders die Anzahl der Markstrahltüpfel, so wäre man geneigt, diese zwei Fossilien einander gleichzuhalten. Aber schon vorher habe ich vermerkt, wie ungleichartig eigentlich die Markstrahltüpfel von *Podocarpoxylon Schwendae* ausgebildet sind, während dem gegenüber bei *Spondylostrobus Smythii* eine typische Gleichartigkeit, steil gestellter spaltenförmiger Porus, auch im Frühholze charakteristisch ist. Aber noch ein Merkmal, das bisher zur Seite gelassen worden ist, jedoch gewiß auch eine gute Charakteristik abgibt, ist hervorzuheben und das ist die Art der Lagerung der Hoftüpfel im Kreuzungsfelde. Besser als Worte mag dies allerdings ein Vergleich von Fig. 2 mit den Fig. 5 bis 7 der *Podocarpoxylon Schwendae*-Arbeit erläutern. Da sieht man, daß bei *Spondylostrobus* die Markstrahltüpfel mehrstöckiger Markstrahlen, im Frühholz natürlich, in radialer Verteilung nebeneinander im Felde stehen, bei *Podocarpoxylon Schwendae* aber im geraden Gegenteile, in vertikaler Verteilung (übereinander). Natürlich schwankt auch dieses Bild, durch die Größenverhältnisse der das Kreuzungsfeld bildenden Zellen bedingt, aber der Grundzug dieser Verteilung läßt sich absolut nicht wegleugnen. Gerade diese zwei Merkmale sind es, die mich vor allem bestimmen, diese zwei Hölzer nicht als identisch anzusprechen, sondern *Spondylostrobus Smythii* als eigene Art aufzufassen. Allerdings kommt auch die große räumliche Entfernung der beiderlei Fundorte hinzu, der sicherlich, da es sich nicht um Jurahölzer handelt, auch eine größere Bedeutung zugesprochen werden kann und muß. Weiters spielt das allem Anscheine nach doch ungleiche Alter der beiden Fossilien eine wichtige Rolle, denn gerade die Eigentümlichkeiten von *Podocarpoxylon Schwendae* sprechen eine eindringliche Sprache für das größere geologische Alter dieses Fossils, sprechen also mehr für Kreide als für Tertiär, während *Spondylostrobus Smythii* ein unzweifelhaft jungtertiäres Holz ist.

Dies alles zusammengefaßt, ergibt wohl die Berechtigung, daß *Spondylostrobus Smythii* als eine eigene Art, und zwar auch als eine echte *Podocarpoxylon*-Art, der wir ganz einfacherweise den von Mueller eingeführten Artnamen belassen wollen, aufzufassen ist.[1] Wir werden daher schreiben:

Podocarpoxylon Smythii (F. Mueller) Kub.

und die Art, wie folgt, kurz charakterisieren:

Das Holz besteht aus Tracheiden, Holzparenchym und parenchymatischen Markstrahlen. An den Radialwänden der Tracheiden stehen Hoftüpfel, normalerweise in einer Reihe, am Schlusse des Jahresringes finden sich auch Tangentialhoftüpfel. Holzparenchym tritt über den ganzen Jahresring mehr minder gleichmäßig verteilt auf. Die Querwände des Holzparenchyms sind glatt. Die Markstrahlen sind einreihig, selten mehrreihig, die Mehrreihigkeit ist aber nicht an die Mitte der Stockwerke gebunden. Es wurden bis 18 stöckige Markstrahlen festgestellt. Das Kreuzungsfeld des Frühholzes besitzt 1 bis 2, selten 3 bis 4 Hoftüpfel mit steil gestelltem und schmalem Porus. Diese Kreuzungsfeldhoftüpfel stehen gewöhnlich in radialer Nebeneinanderstellung.

Vorkommen: In den deep leads von Ballarat, Südostaustralien.

---

[1] Es sei noch bemerkt, daß *Drimys* und Konsorten nicht in Betracht kommen.

Mueller hat sein *Spondylostrobus*-Holz aus gleichen Schichten von Haddon beschrieben. Da überdies Mueller, p. 13 (Mueller IV), den schon auf p. 2 unserer Darstellung zitierten Satz schreibt »the fossil pine wood...«, so ist wohl anzunehmen, daß als Fundorte dieses Holzes alle von Mueller erwähnten Fundorte von *Spondylostrobus*-Früchten mit Ausnahme Tasmaniens, von wo er nur Früchte und Blätter hatte, anzusehen sind, das sind also nebst Haddon und Orange und wie R. B Smyth in der Einleitung zu Mueller III, p. 5, erwähnt auch Creswick, Raglan und Ararat. Alle diese Fundorte führen die gleichen goldführenden Schichten, die nach einer neueren Feststellung von Hunter (1909) dem oberen oder unteren Pliozän oder vielleicht dem oberen Miozän angehören. Ob natürlich alle Holzstämme, die in dieser Schicht gefunden wurden, derselben Art, also unserem *Podocarpoxylon Smythii* angehören, ist eine ungelöste Frage, wie schon der bloße Hinweis auf den allerdings ungeklärten *Phyllocladus Mülleri* Schenk zeigt.

Eine andere, nicht unwichtige Frage verlangt nun aber noch ihre Lösung. Hat dieses fossile Holz heute noch lebende Vertreter in der Flora von Südostaustralien? *Podocarpoxylon* umfaßt Teile der rezenten Gattungen *Dacrydium* und *Podocarpus*. Von *Dacrydium* kommt ganz auffallenderweise heute auf dem ganzen australischen Kontinent selbst keine einzige Art vor, wie eine Durchsicht der Verbreitungsangaben der 16 von Pilger anerkannten *Dacrydium*-Arten ergibt. Pilger schreibt wohl am Kopfe des »clavis specierum«, p. 44, l. c.: »Australiae continentis et insularum et Archipelagi indici incolae«, er führt aber für Australien selbst keine einzige *Dacrydium*-Art an. Allerdings sind alle *Dacrydium*-Arten bis auf *Dacrydium Fonkii* Benth. aus Chile Bewohner des engeren und weiteren Inselgebietes um Australien, so daß ein Vorkommen von *Dacrydium* in Australien selbst zur Zeit des Tertiärs keineswegs eine Unmöglichkeit darstellt. Bei *Podocarpus* hingegen liegen auch heute die Verhältnisse wesentlich anders. Pilger teilt die Gattung *Podocarpus* in 5 Sektionen mit 63 Arten, von denen auch heute noch fünf Arten — *P. amarus* Blume der Sektion *Stachycarpus*; *P. elatus* R. Br., *P. spinulosus* (Sm.) R. Br., *P. Drouynianus* F. M. und *P. parvifolius* Parl. der Sektion *Eupodocarpus* — in Australien selbst vorkommen und eine noch viel größere Anzahl von Arten auf den Inseln um Australien lebt. Nach Gothan, 1908, p. 25, wäre nun allerdings die Sektion *Stachycarpus* zum Vergleiche mit *Podocarpoxylon* nicht geeignet, da sie *Phyllocladoxylon*-Bau habe. Diese Feststellung Gothans ist aber nicht ohne weiteres anzuerkennen, denn Gothan hat 1908 wohl die alte Eichler'sche Bearbeitung der Koniferen (Berlin, 1889) benützt, die allerdings in der Sektion *Stachycarpus* nur zwei Arten anführt (*P. andina* Pöpp. und *P. spicata* R. Br.), welche beide tatsächlich *Phyllocladoxylon*-Bau haben, aber die bereits 1903 auch in Berlin erschienene Bearbeitung der Taxazeen von Pilger übersehen, welche für *Stachycarpus* außer diesen 2 Arten noch 8 weitere anführt. Besitzen auch letztere *Phyllocladoxylon*-Bau, was eine Untersuchung erst erweisen müßte, dann kann die von Gothan aufgestellte These als gültig anerkannt werden. Die vier anderen noch in Australien selbst vorkommenden *Podocarpus*-Arten gehören der Sektion *Eupodocarpus* an; von diesen 4 Arten lebt *P. spinulosus* in Ostaustralien, *P. elatus* sogar direkt in Südostaustralien! Leider stehen mir aber keine Materialien zur Verfügung, die einen Vergleich dieses Holzes wie auch der anderen vor allen in Betracht kommenden Vergleichsarten ermöglichen möchte, eine Arbeit, die wohl auch am besten der Materialfrage wegen von den australischen Botanikern geleistet werden könnte. Wir müssen also unentschieden lassen, welcher der beiden Gattungen *Dacrydium* oder *Podocarpus* das vorliegende fossile Holz zuzuzählen ist, nach der heutigen Verteilung der Arten neigt sich allerdings die Wagschale mehr für *Podocarpus*.

II. Die Blattreste und Früchte.

F. v. Mueller beschrieb unter dem Namen *Spondylostrobus Smythii* auch Blattreste und Früchte. Über die Natur des einzigen, Mueller bekannt gewordenen Blattrestes wird wohl nie eine volle Klarheit zu erlangen sein, denn in die hiervon gegebene Zeichnung ist, weil das Material schlecht erhalten und zerfallend war, hineingezeichnet worden. Ob mit oder ohne Begründung, muß eben dahingestellt bleiben, ich habe diese Frage auch nicht weiter verfolgt. Mir liegt auch ein von F. v. Mueller an C. Ettingshausen gesandtes Originalmaterial von *Spondylostrobus*-Früchten vor. Über die *Spondylostrobus*-Früchte hat sich schon Schenk nach Untersuchung von Originalmaterial, l. c., p. 353, ablehnend gegenüber der Ansicht Muellers geäußert und ich möchte an dieser Stelle nur hinzufügen, daß diese Früchte auf keinen Fall von *Dacrydium-Podocarpus* stammen können. Mehr hierüber aber vielleicht ein andermal.

Literaturnachweis.

Conwentz H, Sobre algunos arboles fosiles del Rio negro. Boletin de la Acad. nacional de ciencias, Cordoba, Bd. VII, 1884.

Gothan W., Die fossilen Hölzer von der Seymour- u. Snow Hill-Insel, 1908.

Hunter, The deep leads of Victoria, Memoirs of the geol. Survey of Victoria, Nr. 7, 1909.

Kräusel R., Die fossilen Koniferenhölzer, Palaeontographica, Bd. 62, 1919.

Kubart B., *Podocarpoxylon Schwendae*, Österr. bot. Zeitschrift, 1911.

Müller C., Balken in den Holzelementen der Koniferen, B. D. B. G., Bd. VIII, 1890.

Mueller F. v., I. Vorläufiger Bericht über *Spondylostrobus* im »Geol. Magazin, p. 390, 1870 oder 1871«.

II. Bericht über *Spondylostrobus* in »R. B. Smyths Reports of Mining Surveyors, 1871«.

III. Observations on new Vegetable fossils of the auriferous drifts. Geol. Survey of Victoria, Melbourne 1874.

IV. Dasselbe, II. Dekade, 1883.

Pilger R., *Taxaceae* in »Das Pflanzenreich«, 1903.

Schenk, Paläophytologie, 1890.

Unger F., Fossile Pflanzenreste aus Neuseeland, Novara-Expedition, 1854.

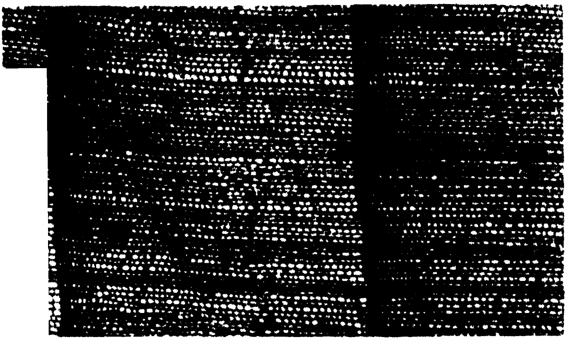
Wilhelm, in »Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches«, II, 1903 (Hölzer).

Tafelerklärung.

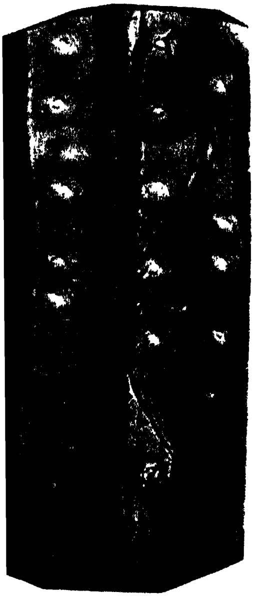
1. Querschnitt des Holzes mit 2 Jahresringgrenzen.
2. Verteilung der Hoftüpfel an der Radialwand der Tracheiden. Zwischen den Hoftüpfeln sind da und dort auch Sanio'sche Streifen zu sehen.
3. Holzparenchymquerwand und Holzparenchymhoftüpfel. Die scheinbare Verdickung der Holzparenchymquerwand wird durch den anlagernden braunen Zellinhalt bewirkt.
4. und 5. Photo 4 zeigt 2 Hoftüpfel im Kreuzungsfelde der dritten Frühholztracheide, Photo 5 Hoftüpfel aus den Kreuzungsfeldern der viertletzten Spättracheide. Diese 2 Aufnahmen grenzen aneinander, wie aus Fig. 3 zu ersehen ist. Die durch die Zeitverhältnisse bedingte Reproduktionsart der Tafel macht leider den Porus der beiden Hoftüpfel in Photo 4 (cf. Fig. 3) nicht deutlich genug sichtbar.
6. Tangentialschnitt durch einen Markstrahl.

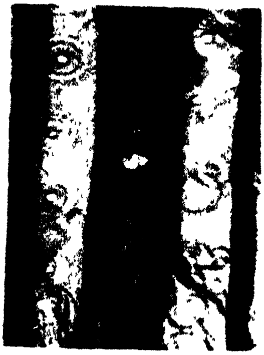
Vergrößerung aller Aufnahmen gegen 300 mal.

Kubart B.: *Spondylostrobus Smythii* F. v. Mueller.


1

6


2


3

4

5

Gedruckt auf Kosten des Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Zwei neue Arten von *Lernaeocera* aus dem Nil

Von

Dr. Helene Kurtz

(Mit 2 Tafeln)

(Vorgelegt in der Sitzung am 13. Juli 1922)

Das ursprüngliche Material zu der vorliegenden Arbeit stammt aus der Sammlung der zoologischen Institute der Universität Wien. Die beiden neuen, im folgenden beschriebenen Arten von *Lernaeocera* wurden von Herrn Dr. Fr. Zimmermann als Ectoparasiten auf Fischen des Nilgebietes gefunden, die von der ägyptischen Regierung dem Institute zum Geschenk gemacht worden waren. Die von mir nachmals *Lernaeocera Werneri* benannte Form fand sich in sechs Exemplaren in der Afteröffnung von *Distichodus niloticus* Linné, die als *Lernaeocera bichiri* bezeichnete in zwei Exemplaren auf *Polypterus bichir* Geoffr. Ein drittes Exemplar fand ich unterhalb der Brustflosse eines *Polypterus bichir*, den Herr Dozent Dr. P. Kammerer von einer Reise aus dem Sudan mitgebracht hatte. Infolge der geringen Zahl und der Mangelhaftigkeit der zur Untersuchung verfügbaren Exemplare dieser Art hätte eine Beschreibung keineswegs Anspruch auf Vollständigkeit erheben können; ich mußte daher bestrebt sein, weiteres Material zu erlangen. Das freundliche Entgegenkommen des Herrn Dr. R. Mertens, Kustos an der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft in Frankfurt am Main, ermöglichte es mir während eines längeren Aufenthaltes daselbst, die reiche Sammlung an Fischen des Nilgebietes auf parasitische Copepoden zu untersuchen. Ich fand ein Exemplar von *Lernaeocera Werneri* wieder in der Afteröffnung von *Distichodus niloticus*, ferner drei vollständige und vier unvollständige Exemplare von *Lernaeocera bichiri* teils auf der Rücken-, teils auf der Bauchseite von *Polypterus bichir*. Herrn Dr. R. Mertens bin ich für seine Bereitwilligkeit sehr verbunden. Für die liebenswürdige Überlassung des Materials und für einige nützliche Ratschläge sage ich noch meinem Kollegen Herrn Dr. Fr. Zimmermann an dieser Stelle besten Dank.

Lernaeocera Werneri nov. spec.

(Tafel I, Fig. 1 bis 11)

Der Körper ist gestreckt, nahezu zylindrisch, beim erwachsenen Tier in der hinteren Hälfte verbreitert. Die vier gleichgestalteten, nicht allzu kräftigen Kopfarme, die kreuzförmig angeordnet sind, entspringen mit mäßig breiter Basis und verschmälern sich nur wenig, ihre Enden sind sanft gerundet. Zwischen den Kopfarmen liegt der kugelig geformte Kopfhöcker, der die Antennen und Mundgliedmaßen trägt. Der Thorax besteht aus fünf Segmenten, deren Grenzen unscharf und nur selten mit Sicherheit zu bestimmen sind. Das erste Segment, das vollständig mit dem Kopfe verschmolzen ist, ist das kürzeste, das zweite und dritte Segment ungefähr doppelt so groß und an der Ansatzstelle der Beine etwas erweitert. Das vierte Segment ist bereits breiter als die vorigen und trägt nahe dem Ende das vierte Beinpaar, das um 90° gedreht erscheint. Das fünfte und größte Segment zeigt auf der Ventralseite eine Auftreibung, an deren Basis das letzte, rudimentäre Beinpaar liegt. Infolge der Drehung des Körpers um die Längsachse ist das fünfte Beinpaar gegen das erste um mehr als 90° verlagert.

Das kurze, ungegliederte Abdomen trägt am Ende, etwas der Ventralseite genähert, die Furca und ist beim erwachsenen Tier durch die Auftreibung des fünften Thorakalsegmentes von der Längsachse des Körpers abgebogen. Die jungen Tiere sind stabförmig; die Auftreibung des letzten Brustsegmentes fehlt, Thorax und Abdomen liegen daher in einer Ebene. Die Kopfarme sind kurz, daher an der Basis relativ breit, ihre Enden spitzer als beim erwachsenen Tier. Infolge der noch unvollständig entwickelten Kopfarme erscheint das erste Segment länger, das Beinpaar liegt frei, nicht wie bei der ausgewachsenen Form unter den Kopflappen verborgen. Antennen und erster Maxillarfuß liegen noch an der Spitze des relativ sehr großen Kopfhöckers, während sie beim erwachsenen Tier an dessen Basis, verlagert erscheinen, eine Tatsache, die Claus durch dorsales Wachstum des Kopfhöckers erklärt. Die Mundöffnung ist rund, liegt ventral und ist von dem, anscheinend für das ganze Genus charakteristischen Mundrahmen umgeben. Dieser wird dorsal von der Oberlippe, ventral von einem Chitinbogen gebildet, der von zwei Spangen im Integument gestützt wird. Die Unterlippe ist breit herzförmig. Zur Seite der gebuchteten, median in eine Spitze ausgezogenen Oberlippe liegen die Insertionsstellen der Antennen, die insbesondere bei jungen Individuen deutlich sichtbar sind.

Die erste Antenne zeigt einen Basalteil, der noch die Andeutung einer Gliederung erkennen läßt. Die Antenne selbst ist viergliedrig, das erste Glied jedoch, das gestreckt und mehr als dreimal so lang als breit ist, zeigt noch deutlich seine Entstehung aus zwei Gliedern an. Sieben, in eine feine Spitze ausgezogene Borsten sind alternierend, bald etwas dorsal, bald ventral der

Außenrandlinie, mit breiter Basis eingelenkt. Diese Borsten nehmen vom Proximal- gegen das Distalende an Länge etwas zu. Distal, gleichfalls am Außenrand, steht eine starke, spießförmige Borste von ungewöhnlicher Länge, dorsal eine Borste, die ungefähr doppelt so lang ist als das folgende Glied. Die vierte Außenrandborste, die etwas stärker dorsal eingelenkt ist, kennzeichnet die Lage der Querfurche, die das Glied in eine größere proximale und etwas kleinere distale Hälfte trennt. Das zweite Glied ist schmäler als das vorige, kaum so lang als breit und trägt vier Borsten. Die beiden ersten, die etwas dorsal stehen, sind gleich lang, die dritte etwas größer, die vierte wieder kürzer, mit relativ breiterer Basis. Am dritten Glied, das wieder umfangreicher und ungefähr doppelt so lang als breit ist, finden sich vier Borsten; eine nahe dem Proximalende, etwas dorsal am Außenrand eingelenkt, eine zweite kürzere an der Ventralseite, ferner zwei lange Außenrandborsten, von welchen eine nahe dem Distalende, die andere direkt distal steht. Die erste dieser beiden Borsten ist ungefähr doppelt, die zweite dreimal so lang als die Proximalborste. Das Endglied ist länger als das vorletzte, doppelt so lang als an der Basis breit, im zweiten und letzten Drittel seiner Länge verschmälert. Am Außenrand finden sich zwei Borsten, eine lange schmale in der proximalen Hälfte des Gliedes und eine kurze, nahezu terminal. Am Innenrand stehen zwei Borsten in je einem Drittel seiner Länge. Die erste ist größer und stärker als die folgende. Das terminale Ende des Gliedes ist eingebuchtet und trägt insgesamt sechs Borsten. Auf der äußeren größeren Kuppe stehen eine schmale, mäßig lange, und zwei breite, schilfblattähnliche Borsten, von welchen nur die erste streng terminal, die zweite auf einem kleinen Höcker etwas dorsal eingelenkt ist, drei kürzere und schmälere, untereinander gleichgestaltete Borsten finden sich auf der inneren Kuppe.

Die zweite Antenne, die auf einem kugeligen Basalhöcker sitzt, besteht aus zwei langen, schmalen Gliedern, von welchen das erste fast, das zweite mehr als doppelt so lang als breit ist. Das Proximalglied trägt keinerlei Borsten, das Endglied drei Innenrandborsten, von welchen die erste nahezu proximal, die zweite etwas längere im zweiten Drittel seiner Länge, die dritte distal steht. Das Glied endigt mit einem gelenkig abgesetzten, abwärts gekrümmten Haken und einer runden Kuppe, die sechs Borsten trägt. Eine kürzere Borste ist oberhalb des Hakens eingesetzt, zwei längere und zwei kürzere fadenförmige Borsten stehen terminal, eine kurze schmale Borste am Innenrand der Kuppe.

Mandibeln waren an den vorliegenden Objekten nicht sichtbar. Der erste Maxillarfuß ist zweigliedrig. Er besteht aus einem langen und breiten Basalteil und einem mit zwei einwärts gekrümmten Haken versehenen Endteil. Der schwächere dieser Haken ist gelenkig an der Basis des anderen eingesetzt. Der zweite Maxillarfuß ist gleichfalls zweigliedrig, das Basalglied groß, trapezoid gestaltet, nahe dem Distalende mit einer schmalen, auf einem Höcker sitzenden

Borste versehen. Das Endglied sitzt mit breiter Basis der Schmalseite des Basalteils auf, ist handförmig und endigt mit fünf starken, fingerförmigen gekrümmten Haken, von welchen der erste der kürzeste, der vierte der längste ist. An der basalen Grenze zwischen erstem und zweitem Haken findet sich eine sehr kleine Borste.

Sämtliche Beine, mit Ausnahme des rudimentären fünften, bestehen aus einem zweigliedrigen Stamm und einem dreigliedrigen Außen- und Innenast. Der Coxopodit mit vorgewölbtem Außen- und geradem Innenrand trägt eine ziemlich starke und lange Borste am Innenrand an der Grenze gegen das folgende Glied. Der Basipodit ist ellipsoid gestaltet, eine mäßig lange, spießförmige Borste steht proximal am Außenrand, beim ersten Beinpaar noch ein kräftiger hakenförmiger Fortsatz am Innenrand. Das Auftreten dieses Hakens neben einer Innenrandborste ist hervorzuheben, da sowohl Claus[1] wie Zimmermann[2] angeben, daß dieser Fortsatz beim ersten Beinpaar die Stelle der Innenrandborste vertritt. Diese Angabe ist zumindest für *Lernaeocera senegali* Zimmerm. unzutreffend, da ich auch bei dieser Form die Innenrandborste am ersten Beinpaar nachweisen konnte. Wahrscheinlich ist sie auch bei allen übrigen Arten vorhanden. Da sich beim ersten Beinpaar der *Cyclopidae*, von welchen die *Lernaeocerae* wahrscheinlich abzuleiten sind, an jedem der beiden Stammglieder distal, am Innenrand eine Borste findet, so ist die Annahme berechtigt, daß die Innenrandborste der *Lernaeocerae* der Borste des Coxopoditen, der Fortsatz des ersten Beinpaares der Borste des Basipoditen entspricht.

Das erste Glied des Exopoditen ist lang gestreckt, wellig konstruiert, an der Insertionsstelle sehr schmal, im distalen Teil stark verbreitert. Das Glied ist mehr als doppelt so lang als breit und trägt nahe dem distalen Ende einen Dorn am Außenrand und eine lange Borste am Innenrand. Das zweite Glied ist rundlich, in der Mitte des Außenrandes findet sich ein Dorn, eine Borste in der distalen Hälfte am Innenrand. Das Endglied ist kurz, an seinem Außenrand stehen zwei Dornen, am Innenrand je eine lange Borste im zweiten und letzten Drittel seiner Länge, eine dritte Borste nahezu terminal, ferner zwei Endborsten. Das Basalglied des Endopoditen ist kaum länger als breit und trägt in der distalen Hälfte eine Borste am Innenrand. Das zweite Glied ist ähnlich gestaltet, wenngleich etwas kleiner, die Borste steht distal. Das Endglied ist kurz und breit, trägt zwei Dornen am Außenrand, eine Borste im letzten Viertel am Innenrand, eine zweite nahezu terminal, ferner zwei Endborsten. Die Dornen sind gezähnelt, die Borsten, auch die der Stammglieder, fein gefiedert. Am Innenrand des Basipoditen und am Außenrand der beiden ersten Glieder des Endopoditen findet sich ein feiner Härchenbesatz. Dies gilt auch für die übrigen Beinpaare.

---

[1] Claus C., Beobachtungen über *Lernaeocera*, *Peniculus* und *Lernaea*. Schriften der Gesellschaft zur Bef. der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg, Suppl. II, p. 7.

[2] Zimmermann Fr., Bearbeitung der parasitischen Copepoden von Fischen. Denkschr. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Klasse, Bd. 98, p. 107.

Der Basipodit des zweiten Beinpaares ist schmäler als der des ersten und an der Grenze der beiden Glieder tief eingebuchtet. Das Basalglied des Exopoditen ist ähnlich geformt wie beim ersten Beinpaar, jedoch etwas gedrungener. Das zweite Glied ist kurz, im distalen Teil verbreitert. Distal am Außenrand findet sich ein Dorn, eine Borste am Innenrand im letzten Drittel seiner Länge. Das Terminalglied ist verlängert, trägt drei an Größe zunehmende Dornen am Außenrand, am Innenrand zwei Borsten in je einem Drittel seiner Länge, eine dritte distal, ferner zwei Endborsten. Das erste Glied des Endopoditen ist gegen das folgende am Außenrand tief eingebuchtet. Die Stelle größter Breite übertrifft etwas die Länge. Im letzten Viertel des Innenrandes steht eine Borste. Das zweite Glied ist ungefähr so lang wie breit und trägt am Innenrand je eine Borste im dritten und letzten Viertel seiner Länge. Das Terminalglied ist kurz. In seiner distalen Hälfte stehen zwei Dornen am Außenrand, ein dritter bereits terminal, zwei Borsten am Innenrand und eine Endborste. Das dritte Beinpaar ähnelt dem zweiten, stimmt mit diesem auch in bezug auf Zahl und Ansatzstellen der Borsten überein, ist jedoch etwas kleiner als das zweite, das auch das erste Beinpaar an Länge der Borsten übertrifft. Der Basipodit des vierten Beinpaares ist verkürzt, die tiefe Einbuchtung an der Grenze der Glieder fehlt. Das Basalglied des Außenastes ist im ersten Drittel halsartig verengt. Es trägt einen Dorn distal am Außenrand und eine Borste im letzten Drittel am Innenrand. Das zweite Glied ist kurz, in seiner distalen Hälfte steht ein Dorn am Außen- und eine Borste am Innenrand. Das mäßig lange Terminalglied trägt drei Dornen am Außenrand, drei Borsten am Innenrand und zwei Endborsten. Das Basalglied des Endopoditen ist queroval. In seiner distalen Hälfte steht eine Borste am Innenrand. Das zweite Glied ist etwas breiter als lang und trägt am Innenrand eine Borste nahe der Mitte, eine zweite distal. Das Terminalglied ist kurz, in seiner distalen Hälfte stark verschmälert. Am Außenrand finden sich zwei Dornen, einer in der Mitte, der andere distal, am Innenrand, gleichfalls distal, eine Borste, ferner zwei Endborsten, eine äußere kurze und eine innere lange.

Das fünfte rudimentäre Bein ist sehr klein und hat die Gestalt einer länglichen, am Ende etwas gerundeten Platte. Nahe dem Terminalende findet sich eine Borste am Außenrand und eine längere in gleicher Höhe am Innenrand. Zwei Borsten, eine schmale kurze und eine längere stehen terminal. Am Außenrand, an der Basis des fünften Beines, erhebt sich ein Höcker, der eine schmale, relativ lange Borste trägt. Dieses Gebilde, das sowohl der *Lernaeocera bichiri* als auch der *Lernaeocera senegali* Zimmerm. fehlt, stimmt auffällig überein mit der Abbildung, die Claus vom fünften Bein der *Lernaeocera esocina* M. Edw. gibt. Von der Annahme ausgehend, daß die *Lernaeocerae* von den *Cyclopidae* abzuleiten seien, fasse ich dieses Gebilde als Reste des Basalgliedes mit Außenrandborste auf.

Die Furca ist sehr lang, besteht aus zwei Ästen, deren Glieder doppelt so lang als breit sind. Am Außenrand des Furcalgliedes finden sich zwei Borsten, die eine im ersten Drittel seiner Länge, die zweite distal, am Innenrand gleichfalls zwei Borsten, eine größere im Proximalteil der Mitte genähert, eine zweite kleine am Terminalende. Die Endborste ist in ihrem basalen Teil stark verbreitert, ihre Länge beträgt das Acht- bis Zehnfache der Gliedlänge.

Die Gesamtlänge der Furcaläste beträgt 0·41 bis 0·44 *mm*.

Die Eiersäcke sind schmal, spindelförmig, ungefähr 1·78 bis 1·87 *mm* lang und 0·267 bis 0·303 *mm* breit.

Die Länge des erwachsenen Weibchens beträgt 7·1 bis 8·9 *mm*.

Durch die Form der Kopfarme, Antennen und Maxillarfüße, durch Zahl und Stellung der Borsten an den Ruderfüßen, endlich durch die Gestalt des fünften Beinpaares und der Eiersäcke ist diese Form genügend charakterisiert.

Lernaeocera bichiri nov. spec.

(Tafel II, Fig. 1 bis 11)

Der Körper ist weitaus gedrungener als bei der vorigen Art. im vorderen Abschnittt drehrund. in der hinteren Hälfte stark verbreitert und zeigt im Gesamthabitus große Ähnlichkeit mit *Lernaeocera senegali.* Die vier kreuzweise gestellten kräftigen Kopfarme sind an der Basis breit, ihre Enden relativ spitz. Die ventralen Kopflappen sind meist länger als die dorsalen. Der Kopfhöcker ist birnförmig erweitert, an seiner Basis liegen die Antennen und Mundgliedmaßen. Der Thorax besteht aus fünf Segmenten, auf deren Größe nur aus dem Abstand der Beinpaare geschlossen werden kann, da die Grenzen nicht mit Sicherheit zu bestimmen waren. Das erste mit dem Kopfe verschmolzene Segment ist sehr kurz, sein Beinpaar unter den Kopflappen verborgen. Das zweite Segment ist größer und zeigt an der Ansatzstelle des Beinpaares eine ansehnliche Erweiterung. Der Abstand zwischen erstem und zweitem Beinpaar ist auffällig gering. Das dritte Beinpaar liegt nahe der Mitte, das vierte im letzten Viertel des Thorax, jedoch schon um 90° gedreht. Das letzte rudimentäre Beinpaar findet sich an der Basis der ventralen kugeligen Auftreibung des fünften Segmentes. Das Abdomen ist auch bei dieser Art kurz und ungegliedert, trägt ziemlich ventral die Furca und ist infolge der sehr starken Auftreibung des letzten Segmentes in größerem Winkel von der Längsachse des Körpers abgebogen als bei *Lernaeocera Werneri.*

Obwohl diese beiden Formen in der äußeren Erscheinung wesentlich voneinander abweichen, stimmen sie in bezug auf Antennen und Mundgliedmaßen auffällig überein. Die Insertionsstellen der Antennen liegen zu Seiten der Oberlippe, die etwas tiefer gebuchtet und median in eine längere Spitze ausgezogen ist als bei *Lernaeocera Werneri*. Die erste Antenne selbst zeigt große Übereinstimmung sowohl in der Gliederung als auch in Zahl und Anordnung der Borsten, nur sind die Glieder schmäler und relativ länger als bei der vorigen Art. Am Außenrand des ersten Gliedes finden sich wieder sieben Borsten und ein langer Spieß; eine Borste dorsal am Distalende. Die vierte, stärker dorsal eingelenkte Borste bezeichnet auch hier wieder die Lage der Querfurche, die das Glied in zwei Hälften teilt. Diese Trennung ist jedoch weitaus stärker ausgeprägt, so daß man fast versucht wäre, die Antenne als fünfgliedrig zu bezeichnen. Das zweite Glied ist kurz und trägt vier Borsten, drei am Außenrand, die erste von diesen etwas dorsal, eine vierte Borste dorsal nahe der Mitte des Gliedes. Das dritte Glied ist fast dreimal so lang als breit und stimmt in Zahl und Stellung der Borsten vollkommen mit dem von *Lernaeocera Werneri* überein. Auch hier finden sich vier Borsten, zwei in der proximalen Hälfte des Gliedes, eine etwas dorsal am Außenrand, die zweite ventral, eine dritte nahe dem Distalende, die vierte sehr lange streng distal. Das Terminalglied ist wieder im zweiten und letzten Drittel verschmälert, trägt eine Borste in der Mitte des Außenrandes, eine zweite kleine distal. Am Innenrand finden sich wieder zwei Borsten, von welchen mir jedoch die erste länger, die zweite kürzer und stärker ventral eingelenkt erscheint als wie bei der vorigen Art. Eine schmale und zwei breite Borsten, die zweite wieder etwas dorsal auf einem kleinen Höcker eingelenkt, stehen auf der äußeren Kuppe des Terminalendes, auf der inneren drei schmälere und kürzere Borsten.

Die zweite Antenne ist wieder zweigliedrig, das erste Glied borstenlos, das Endglied etwas verkürzt, so daß die Innenrandborsten in gleichen Abständen voneinander stehen. Terminal endigt das Glied mit einem abwärts gekrümmten Haken und sechs Borsten wie bei *Lernaeocera Werneri*.

Der erste Maxillarfuß ist sehr kräftig, sein Basalglied sehr lang, im distalen Teil verbreitert, das Endglied an der Basis breit, terminal mit zwei langen einwärtsgekrümmten Haken versehen. Der zweite Maxillarfuß ähnelt sehr dem der *Lernaeocera Werneri*, ist jedoch kleiner und gedrungener. Sein Basalglied ist gleichfalls trapezoid gestaltet, am Innenrand distal mit einer Borste versehen, der Endteil kurz, mit fünf fingerförmigen Haken bewaffnet. Die feine Borste, die sich bei der vorigen Art an der Basis zwischen erstem und zweitem Haken findet, ist auch hier vorhanden.

Die Gliederung der Beine ist die gleiche wie bei den übrigen *Lernaeocerae*; ein zweigliedriger Stamm und ein dreigliedriger Außen- und Innenast. Am proximalen Stammglied findet sich eine Innenrandborste, eine kürzere Borste am Außenrand des distalen Gliedes. Der Basalteil des ersten Beinpaares ist breiter als der der übrigen und wieder mit einem hakenförmigen Fortsatz am Innenrand des Basipoditen versehen. Der Endopodit dieses und auch der folgenden Beinpaare stimmt sowohl in der Form als auch in bezug auf Zahl und Ansatzstellen der Borsten und Dornen mit dem des korrespondierenden Beines von *Lernaeocera Werneri* überein. Das gleiche gilt bezüglich des ersten und zweiten Gliedes des Exopoditen. Das Terminalglied zeigt insofern eine Abweichung, als nur zwei anstatt drei Innenrandborsten vorhanden sind. Das Basalglied, sowie das zweite Glied des Exopoditen des ersten Beinpaares tragen demnach je einen Dorn am Außen- und eine Borste am Innenrand. Das Endglied zeigt zwei Dornen am Außenrand, zwei Borsten am Innenrand, ferner zwei Terminalborsten von ungleicher Länge. Erstes und zweites Glied des Endopoditen besitzen je eine Borste am Innenrand, das Terminalglied zwei Dornen am Außen- und zwei Borsten am Innenrand. Zwei Borsten stehen terminal. Das zweite und dritte Beinpaar ist gleich. An den beiden ersten Gliedern des Exopoditen steht je ein Dorn am Außen- und eine Borste am Innenrand. Das Terminalglied trägt drei Dornen am Außenrand, zwei Innenrand- und zwei Endborsten. Das Basalglied der Endopoditen besitzt eine Borste am Innenrand, das folgende Glied deren zwei. Am Außenrand des Endgliedes stehen zwei Dornen, ein dritter terminal, zwei Borsten am Innenrand und eine Endborste. Das vierte Beinpaar ist kleiner als die vorigen, Exopodit sowie die beiden ersten Glieder der Endopoditen stimmen mit denen des zweiten und dritten Beines überein. Das Endglied ist kurz, trägt zwei Dornen am Außen- und eine Borste am Innenrand. Terminal stehen eine kurze und eine lange Borste. Das letzte rudimentäre Beinpaar ist sehr klein und hat die Form einer länglichen mit vier Borsten versehenen Platte. Am Innenrand, nahezu terminal, steht eine relativ lange und starke Borste, am Außenrand eine feine und kürzere. Zwei Borsten, von welchen die äußere fast doppelt so lang ist wie die innere, stehen terminal. Borste und Höcker, wie sie sich bei *Lernaeocera Werneri* als Reste des Basalgliedes fanden, fehlen dieser Form.

Die Furca war bei allen Exemplaren unvollständig und nur in einem einzigen Falle war der verbreiterte basale Teil der Endborste noch vorhanden. Das Furcalglied ist kaum doppelt so lang als breit, trägt im ersten Drittel des Außenrandes eine Borste, eine zweite Borste steht distal. Am Innenrand findet sich eine Borste in der Mitte des Gliedes, eine zweite terminal. Die Endborste fehlte mit obiger Ausnahme stets.

Diese Erscheinung legte die Vermutung nahe, daß die stummelförmige Furca der *Lernaeocera senegali*, die Zimmermann in seiner Arbeit abbildet, einem unvollständigen Exemplar angehörte. Ich fand meine Annahme bestätigt, als ich das Material, das Zimmermann bearbeitet hatte und das Herr Prof. Dr. Werner mir liebenswürdigerweise zur Verfügung stellte, überprüfte. Es gelang mir bei zwei Exemplaren die Furca freizupräparieren, an der sich sowohl Außen- wie Innenrandborsten fanden, an einem der Furcaläste auch noch die Endborste in voller Länge.

Diese Beobachtung an *Lernaeocera senegali*, ferner die Tatsache, daß die Endborste stets abgebrochen ist, an sich berechtigen zu der Annahme, daß auch bei *Lernaeocera bichiri* die Terminalborste des Furcalgliedes ungewöhnlich lang ist.

Ein Vergleich mit den Abbildungen in der Arbeit Zimmermanns zeigt jedoch, daß diese beiden Formen, trotz mancher Übereinstimmung, in den Details wesentlich voneinander abweichen. Die Tatsache, daß hier zwei getrennte Formen vorliegen, ist hervorzuheben, da Cunnington in seinem Bericht über parasitische Copepoden des Tanganjikasees drei neue Arten von *Lernaeocera* aufstellt, darunter eine, *Lernaeocera haplocephala* n. sp., als deren Wirtstiere er *Polypterus congicus*, *Polypt. senegalus* und *Polypt. bichir* anführt. Der Autor erachtete eine Untersuchung der Kopfanhänge, Beinpaare etc. für überflüssig und begnügte sich mit einer vagen Beschreibung der Körperform, der er einige photographische Aufnahmen beifügte, Angaben, die zur Charakterisierung einer Spezies völlig ungenügend sind. Zimmermann hat die Art *Lernaeocera senegali* in Unkenntnis dieser Arbeit Cunningtons aufgestellt, da jedoch die Untersuchungen ergeben haben, daß es sich bei *Polypt. sen.* und *Polypt. bichir* um zwei verschiedene Spezies von *Lernaeocera* handelt, so besteht diese Art zu Recht.

Die Beschreibung Cunningtons basiert vorwiegend auf dem einzigen Exemplar, das auf *Polypterus congicus* im Tanganjikasee gefunden wurde. Sämtliche Exemplare von *Polypt. sen.* und *Polypt. bichir* stammen aus dem Nil. Schon aus den Abbildungen, ferner aus den Angaben des Autors über Größenverhältnisse und Fundorte geht hervor, daß es sich hier aller Wahrscheinlichkeit nach um eine dritte größere Form (14·3 *mm*) handelt.

Die erwachsenen Weibchen von *Lernaeocera bichiri* messen 9·8 bis 11·6 *mm*.

An einem Exemplar fand ich ein leeres Eiersäckchen. Dessen Form ist ein langes Oval. Die Länge beträgt ungefähr 2 *mm*, die Breite 0·5 *mm*.

Die Ähnlichkeit in der Gesamterscheinung mit *Lernaeocera senegali* einerseits, die Übereinstimmung im Bau der Antennen mit *Lernaeocera Werneri* andrerseits, ferner die Zahl der Innenrandborsten am terminalen Glied der Exopoditen sind genügende Merkmale, um *Lernaeocera bichir* eindeutig zu kennzeichnen.

Vorliegende Arbeit wurde in der Akademie der Wissenschaften von dem w. M. derselben, Herrn Hofrat Prof. Dr. K. Grobben, Vorstand des I. Zoologischen Institutes der Universität Wien, eingereicht, und ich schulde meinem verehrten Lehrer dafür sowie für die Überlassung eines Arbeitsplatzes aufrichtigen Dank.

Literaturverzeichnis.

1823 Lesueur C. A., On three new species of Parasitic Vermes belonging to the *Linnaean* genus *Lernaea*. Journal of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia.

1832 Nordmann A., Mikrographische Beiträge zur Naturgeschichte der wirbellosen Tiere, Bd. II. Berlin.

1833 Burmeister H., Beschreibung einiger neuen oder wenig bekannten Schmarotzerkrebse, nebst allgemeinen Betrachtungen über die Gruppe, welcher sie angehören. Acta Acad. Caes. Leop. Carol. Nat. Cur. Vol. XVII.

1840 Milne Edwards H., Histoire Naturelle des Crustacés, T. III. Paris.

1850 Baird W., The Natural History of the British *Entomostraca*. The Ray Society, London.

1860 Brühl, *Lernaeocera gasterostei*, ein Schmarotzerkrebs aus der Familie der Pennellina. Mitteil. Zool. Inst. Univ. Pest. Wien.

1861 Claus C., Über die Familie der Lernaeen, *Lernaeocera gobina*. Würzb. naturw. Zeitschrift. Vol. II.

1863 bis 1864 Kroyer H., Bidrag til Kundskab om Snyltekrebsene. Naturhistorisk Tidsskrift.

1867 Claus C., Über *Lernaeocera esocina*. Sitzungsb. der Gesellsch. zur Beförd. der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg.

1868 Claus C., Beobachtungen über *Lernaeocera*, *Peniculus* und *Lernaea*. Schriften der Gesellsch. zur Beförd. der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg. Suppl. II.

1868 Heller C., Crustaceen. Reise der Novara, Zoologischer Teil, Bd. III.

1870 Hartmann R., Beiträge zur anatomischen Kenntnis der Schmarotzerkrebse. Arch. Anat. Physiol. Leipzig.

*1881 Kellicot D. S., Observations on *Lernaeocera cruciata*. Proc. Amer. Soc. Microscopist. Vol. I.

*1882 Kellicot D. S., *Lernaeocera tortua* n. sp. Proc. Amer. Soc. Microscopist. Vol. II.

1899 Bassett-Smith, Parasitic Copepoda on Fishes. Proceedings of the zoological Society of London.

1904 Hofer B., Handbuch der Fischkrankheiten. München.

1904 Gadd Pehr, Parasit-Copepoder i Finland. Acta Soc. Fauna Flora Fennica. Vol. XXVI.

*1913 Fowler H. W., The Crustacea of New Jersey. Report New Jersey State Amer. for. 1911.

1913 Scott Th. and Scott A., The British Parasitic Copepoda. The Ray Society, London.

1914 Cunnington W. A., Zoological Results of the Third Tanganyika Expedition. Report on the parasitic Eucopepoda. Proceedings of the Zoological Society London.

*1916 Wilson C. B., The Morphology, Development and Economic Relations of the Genus Lernaea Bull. Bur. Fish.

1917 Wilson C. B., North American Parasitic Copepods belonging to the Lernaeidae with a revision of the entire family. Proc. Unit. State Nat. Mus.

1922 Zimmermann Fr., Wissenschaftliche Ergebnisse der mit Unterstützung der Akademie der Wissenschaften in Wien aus der Erbschaft Treitl von F. Werner unternommenen zoologischen Expedition nach dem anglo-ägyptischen Sudan (Kordofan) 1914. IX. Bearbeitung der parasitischen Copepoden von Fischen. Denkschr der Akad. d. Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Klasse, Bd. 98.

Die mit * bezeichneten Werke waren mir nicht zugänglich.

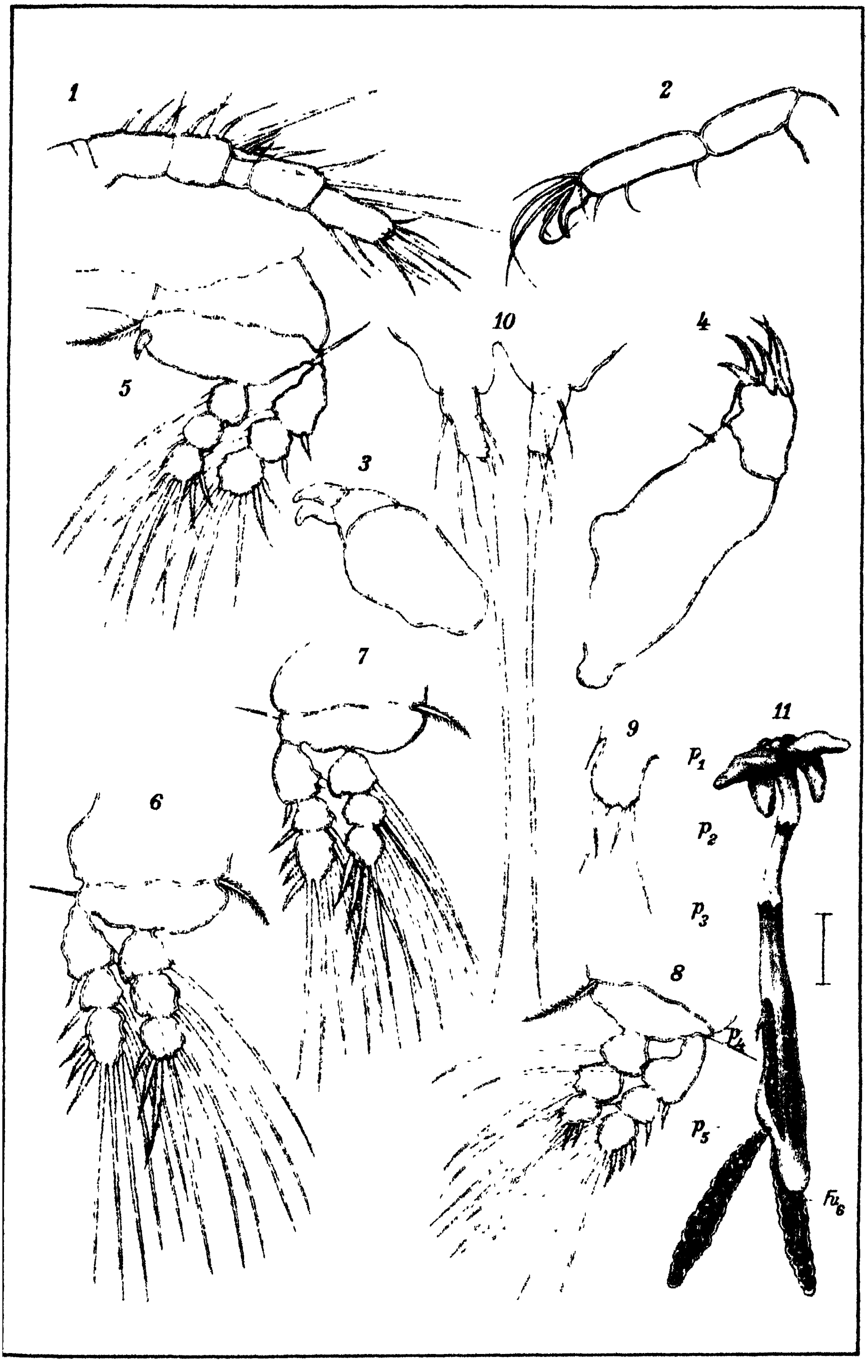
Erklärung der Abbildungen.

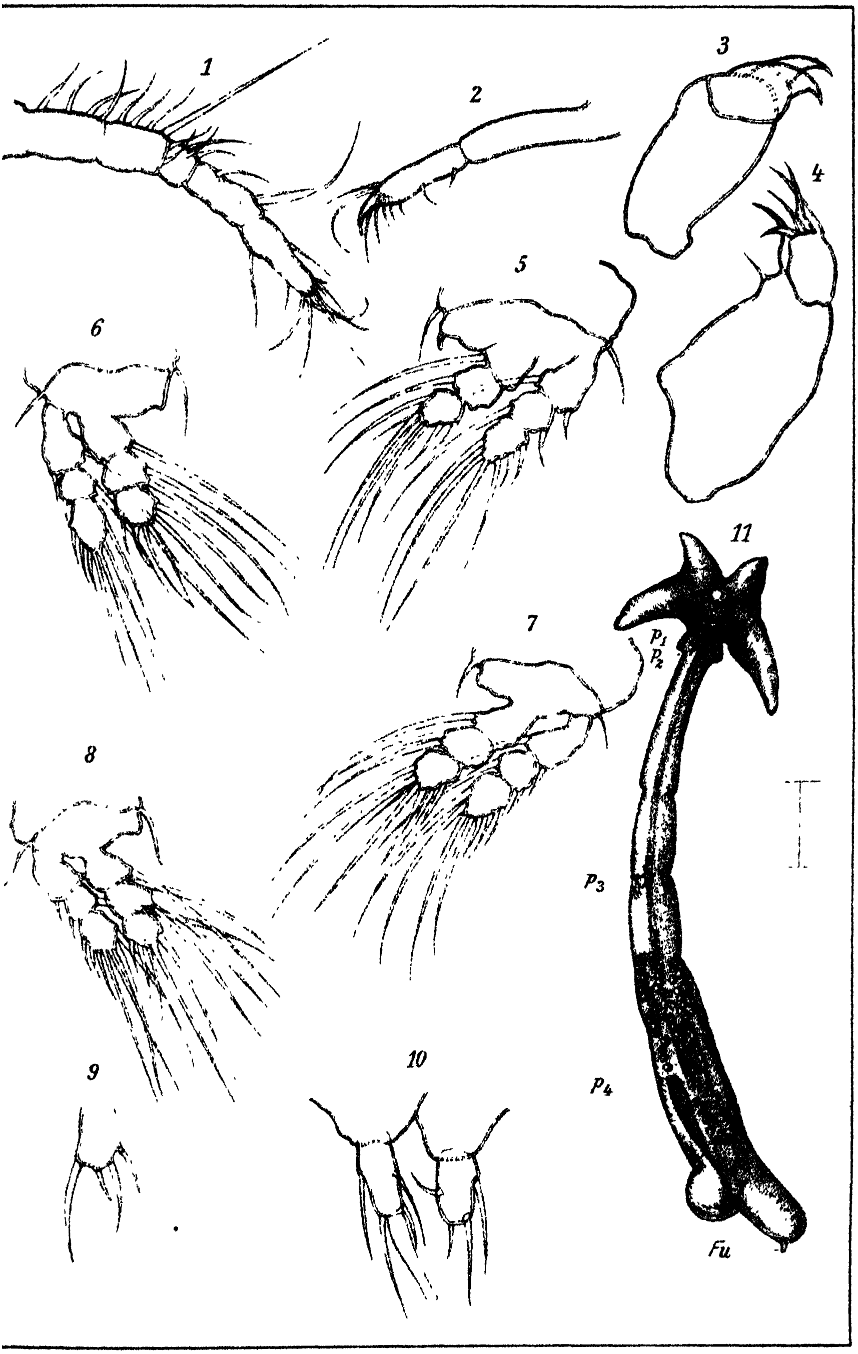
Tafel I. *Lernaeocera Werneri.*

Fig. 1. Rechte Antenne des ersten Paares (Dorsalansicht).
Fig. 2. Rechte Antenne des zweiten Paares (Ventralansicht).
Fig. 3. Erster linker Maxillarfuß.
Fig. 4. Zweiter linker Maxillarfuß.
Fig. 5. Linkes Bein des ersten Paares.
Fig. 6. Rechtes Bein des zweiten Paares.
Fig. 7. Rechtes Bein des dritten Paares.
Fig. 8. Linkes Bein des vierten Paares.
Fig. 9. Rechtes Bein des fünften Paares.
Fig. 10. Furca von der Ventralseite gesehen.
Fig. 11. Erwachsenes Weibchen.

Tafel II. *Lernaeocera bichiri.*

Fig. 1. Rechte Antenne des ersten Paares (Dorsalansicht).
Fig. 2. Rechte Antenne des zweiten Paares (Ventralansicht).
Fig. 3. Erster linker Maxillarfuß.
Fig. 4. Zweiter linker Maxillarfuß.
Fig. 5 Linkes Bein des ersten Paares.
Fig. 6. Rechtes Bein des zweiten Paares.
Fig 7. Linkes Bein des dritten Paares.
Fig. 8. Rechtes Bein des vierten Paares.
Fig. 9. Linkes Bein des fünften Paares.
Fig. 10. Furca von der Ventralseite gesehen.
Fig 11. Erwachsenes Weibchen.


p_1
p_2
p_3
p_4
p_5
Fu_6


p_1
p_2
p_3
p_4
Fu

Gedruckt auf Kosten des Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Beiträge zur Anatomie des Griffels

Von

Bertha Leitmeier-Bennesch

Aus dem pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien

Nr. 186 der zweiten Folge

(Mit 1 Tafel und 1 Texfigur)

(Vorgelegt in der Sitzung am 12. Oktober 1922)

Einleitung.

»Zwischen dem die Samenanlagen bergenden Fruchtknoten und die Narbe ist vielfach ein stielartiger Teil, der Griffel eingeschaltet, dessen Bau einerseits mit der entsprechenden Postierung der Narbe, andrerseits mit der Leitung des Pollenschlauches im Zusammenhang steht.«[1] So oder ähnlich ist in den großen Lehrbüchern der Botanik das Wesentliche über den Griffel der Angiospermen Blüte zusammengefaßt. Mit der Anatomie des speziell zur Leitung des Pollenschlauches dienenden Gewebes haben sich seit Entdeckung des Letzteren durch Amici 1823, viele Forscher beschäftigt, sowie auch mit den Befruchtungsvorgängen selbst.

Rittingshaus[2] befaßt sich eingehender mit dem Leitgewebe und dem Eindringen des Pollenschlauches in das Narbengewebe. Er unterscheidet zwei durch Übergänge verbundene Typen dieses Vorganges. 1. Das Eindringen in ein offenes Narbengewebe bei Pflanzen, deren Narbe in eine schleimige Masse eingebettet ist und die Pollenschläuche ohne Widerstand durch das ganz lockere Gewebe durchwachsen können. 2. Ungehemmtes Wachsen des Pollenschlauches, nachdem die Kutikula der Narbe von diesem resorbiert wurde. Auf der Kutikula weist Rittinghaus nach Behandlung mit Schwefelsäure runde Stellen nach, welche von der lösenden Wirkung des Pollenschlauches herrühren. Er spricht sich über das weitere Verhalten der Pollenschläuche nur dahin aus, daß sie möglichst wenig Kohlehydrate ausbilden (Zellulose), um aus den umgebenden Zellen des Leitgewebes die für ihr Wachstum nötigen Stoffe leicht aufnehmen zu können. Die Zellen des Leitgewebes beschreibt er als sehr plasmareich und im Besitze von großen Kernen. Sie haben aber auch derbe Membranen, um den Plasmamassen des Schlauches die nötige Stütze zu bieten. Rittingshaus verweist auf Arbeiten von Behrens, Dalmer und Capus.

---

[1] Wettstein, R. v., Handbuch d. syst. Bot. II. Aufl. Leipzig—Wien 1912, p. 440.

[2] Rittingshaus P., Einige Beobachtungen über das Eindringen der Pollenschläuche in das Leitgewebe. Verh. d. nat. Ver. Jahrgang XLIII. 5. Folge, III. Bd.

Sachs[1] und Capus[2] sprechen ausführlich über das Leitgewebe, dem sie aber in erster Linie rein mechanische Funktionen zuschreiben, da es dem Pollenschlauch den geringsten Widerstand entgegenbringt. Sachs setzt allerdings voraus, daß außer den sichtbaren Wegweisern auch unsichtbare vorhanden sein müssen, welche wohl chemischer Natur sind. Dieser Ansicht schlossen sich viele Forscher an, besonders nachdem von Pfeffer die stoffliche Einwirkung der Archegonien auf die Spermatozoiden gefunden worden war.

Molisch[3] hat experimentell nachgewiesen, daß die Pollenschläuche negativ aerotropisch und chemotropisch sind. Miyoshi[4] nimmt an, daß die Leitung des Pollenschlauches im Griffel nur eine mechanische sei, im Fruchtknoten selbst aber die Anreizung eine chemotaktische von der Mikropyle ausgehende sei. Navaschin[5] endlich vereinigt alle Ergebnisse der Genannten und anderer Forscher zu der Annahme, daß es in erster Linie darauf ankomme, auch schon im Verlauf des Leitgewebes den Pollenschlauch durch chemische Reize derart zu beeinflussen, daß er den Weg zur Fruchtknotenhöhlung finde, wo ihm dann die Möglichkeit gegeben ist, Reizbewegungen ungehindert auszuführen.

Auf den Bau dieses leitenden Gewebes im Innern der Griffel beziehen sich auch die Untersuchungen von Schürhoff[6]. Er fand, daß bei *Sambucus* jeder Narbenpapille ein Griffelkanal entspreche, und daß dieser zur Samenanlage leite. Die Innenwand dieser Kanäle werde von einem drüsigen Gewebe bekleidet, dessen Zellen öfters zwei durch mitotische Teilung aus dem ursprünglichen Zellkerne entstandene Kerne aufweisen. Bei *Lilium Martagon* nennt er ebenso gebaute Zellen ausdrücklich Drüsenzellen[7] und zieht eine Parallele zwischen diesen und den Tapetenzellen der Staubbeutel und schreibt ihnen chemotropische Wirkung auf den Pollenschlauch zu.

Diese Zellen beschrieb schon viel früher Strasburger,[8] und zwar sehr eingehend für den Griffelkanal von Liliaceen, spricht von stark lichtbrechendem Inhalt derselben und stellt fest, daß auch in den Fruchtknoten hinein Teile dieses Gewebes reichen. Im übrigen beziehen sich die Untersuchungen Strasburger's auf das Eindringen in die Narbe. Lagerberg[9] beobachtete Drüsenzellen bei *Adoxa moschatelina*, glaubt aber, daß die zwei Kerne der Zellen auf amitotischem Wege enstanden seien. Overton[10] endlich spricht von zweizelligen Narbenpapillen, welche die Pollenschläuche in den Griffelkanal dirigieren.

Eine größere Arbeit über das Leitgewebe, »die Tela konduktrix«, stammt von Tschirch[11], von welcher mir nur ein Autorreferat zur Verfügung stand. Der

---

[1] Sachs I., Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., 1887, p. 829.

[2] Capus G., Anatomie du tissunconducteur. These présentées a la faculté de soc. de Paris 1879, p. 16, 18, 50 usw.

[3] Molisch H., Zur Physiologie des Pollens mit besonderer Rücksicht auf die chemotropischen Bewegungen der Pollenschläuche. Sitzungsber. der Akad. der Wiss. in Wien, Bd. CII, Heft VII, 1. Abt.

[4] Miyoshi, Über Reizbewegungen der Pollenschläuche. Flora Bd. 78, Heft 1.

[5] Navaschin S., Über das Verhalten der Pollenschläuche bei der Ulme. Bull. d. l'Acad. Imp. d. Se. d. St. Petersbourg. V. Ser., Bd. VIII, Nr. 5, Mai 1898.

[6] Schürhoff P. N., Über das regelmäßige Vorkommen zweikerniger Zellen an den Griffelkanälen von *Sambucus*. Biol. Zentralbl. XXXVI, p. 433, 1916.

[7] Schürhoff P. N., Die Drüsenzellen des Griffelkanals vom *Lilium Martagon*. Biol. Zentralbl. XXXVIII., p. 188, 1919.

[8] Strasburger E., Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang der Phanerogamen, Jena 1884.

[9] Lagerberg, Studien über die Entwicklungsgeschichte und systematische Stellung von *Adoxa moschatelina* K. Svensk Vetenskaps Handlingar, Bd. 44, Nr. 3.

[10] Overton, Beiträge zur Kenntnis der Entwicklung und Vereinigung der Geschlechtsprodukte bei *Lilium Martagon*. Festschr. für Naegeli und Kölliger, Zürich 1891.

[11] Tschirch A., Die Tela conductrix. Mitteilung der Berner Naturforschenden Gesellschaft 1919, p. LII (Autorreferat).

Forscher hat eine große Anzahl von Familien untersucht und festgestellt, daß der Pollenschlauch heterotroph und parasitär in einer »kolloidalen« von der primären Membran der inneren Epidermis des Griffelkanals sich ableitenden Membranschicht abwärts wandere, also in einer Schicht, in der »chemische Arbeit geleistet werde«. Er zeigt drei verschiedene Möglichkeiten des Abwärtsgleitens. 1. Es ist nur die verschleimte subkutikulare Partie der Membran, in die der Pollenschlauch, oben die Kutikula durchbohrend, eintritt, und nachdem er in ihr abwärts geglitten, wieder die Kutikula durchbohrend austritt, falls diese nicht früher resorbiert wurde. 2. Es steht dem Pollenschlauch auch die verschleimte Interzellularsubstanz der nächstliegenden Zellreihen zur Verfügung. 3. Es ist ein geschlossenes Gewebe vorhanden und der Pollenschlauch schlängelt sich zwischen den Zellen durch, nachdem er die Kutikula der Narbenpapillen durchbrochen hat.[1] Tschirch nennt die Bewegung des Pollenschlauches eine paratonische und bezeichnet einerseits die Narbe, andrerseits das Ovolum als Bewegungszentren. Der von der Narbe ausgehende Reiz muß seinen Sitz in der subkutikularen Schleimmembran haben, der vom Ovolum ausgehende Reiz im Embryosack. Der Pollenschlauch verhalte sich negativ chemotropisch gegen Zellbestandteile, aber positiv chemotropisch gegen die Membranbildenden Sacharide und diese seien in der kolloidalen Membranpartie der Tela konduktrix vorhanden.

Anschließend an die angeführten Beobachtungen der genannten Forscher will ich im folgenden die Ergebnisse meiner eigenen Untersuchungen darlegen, die ich an Griffeln ausführte, bei denen ich aber mein Augenmerk nicht ausschließlich auf das Leitgewebe richtete, sondern den gesamten anatomischen Bau studierte.

Die Anregung zu dieser für mich ungemein lehrreichen und interessanten Arbeit verdanke ich Herrn Hofrat Prof. Dr. H. Molisch, meinem hochverehrten Lehrer, und spreche ihm dafür sowie für die vielfache Unterstützung während der Arbeit meinen wärmsten Dank aus.

Gleichzeitig muß ich Herrn Dozenten Dr. G. Klein und Herrn Dr. J. Kisser für gütige Hilfe vielmals danken.

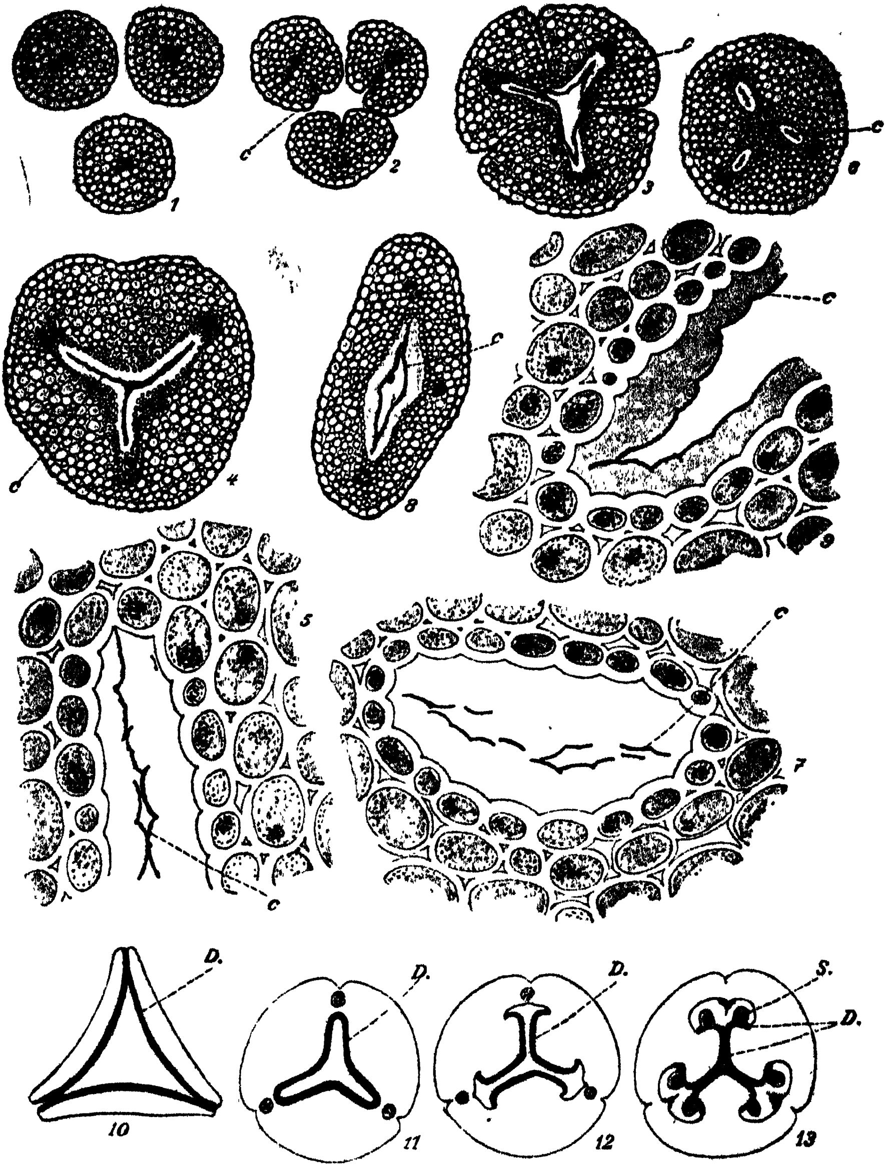
Eigene Untersuchungen.

1. Das Vorkommen einer Kutikula im Innern des Griffelkanals einiger Monokotylen.

Auf einem Querschnitt durch den Griffel von *Clivia nobilis* oder *miniata* fällt einem eine vielfach verzähnte Lamelle auf, die sich frei im Innern des dreiteiligen Griffelkanals befindet. Fig. 4 der Abbildung zeigt das Bild eines solchen Schnittes. Die Kutikula, welche die äußere Epidermis überzieht, und die Innenlamellen sind kräftiger gezeichnet. Untersucht man solche Schnitte in Sudan-III-Glyzerin, so färbt sich die Lamelle ebenso deutlich, wie die äußere Kutikula. Auf Serienschnitten, von denen einige in den Fig. 1 bis 4 (p. 4) dargestellt sind, konnte ich die Herkunft dieser losen Kutikula feststellen. Die drei Teile der Narbe sind außen von einer Kutikula bekleidet. Noch ehe der Zusammenschluß zum Griffel erfolgt, stülpt sich jeder Teil gegen das zentralgelegene Gefäßbündel ein, wobei bie Kutikula bis gegen dieses Gefäßbündel gelangt. An den Stellen, wo die Narbenteile sich aneinander legen, entsteht eine sogenannte Naht, und zwar eine Kutikularnaht, wie sie Haberlandt[1] für Kronblätterverwachsungen anführt. Die Kutikula wird resorbiert und es bildet sich das gleichmäßige Parenchym des Griffels, das ein sehr lockeres Gefüge zeigt. Diese Entstehung der Nähte des

---

[1] Vgl. auch Rittingshaus l. c., der dieses Durchbohren der Kutikula nur als ein Anschmiegen des Schlauches an die Membran der Papille bezeichnet, nachdem durch den Pollenschlauch die Kutikula abgelöst worden war. Rittingshaus gibt hierzu eine Abbildung.



---

[2] Haberlandt G., Physiologische Pflanzenanatomie, 5. Aufl., Leipzig 1918, p. 113.

Griffels und Fruchtknotens wird von Fritsch[1] erwähnt und ist wohl allgemein bekannt. Allmählich löst sich nun die Kutikula, die im Innern des entstandenen Kanals geblieben ist, von den Zellmembranen los und bleibt als kontinuierliche, nur selten unterbrochene Lamelle bis in das Innere des Fruchtknotens erhalten. Fig. 5 zeigt ein Ende des Kanals, in dem sich eben die Kutikula von den Zellwänden abgelöst hat.

Bei den anderen Amaryllidaceen findet man ebenfalls diese lose innere Kutikula, wenn auch manchmal nur in ganz kleinen, schwer auffindbaren Resten. Sehr deutlich ist sie bei allen *Narcissus*-Arten, von denen eine größere Anzahl untersucht wurde, *Narcissus montana, N. Jonquilla, N. pseudo Narcissus, N. stelliflorus, N. poeticus* u. a. Fig. 8 und 9 zeigen einen Querschnitt durch den Griffel von *N. montana*, die ursprüngliche Dreiteilung des Griffels ist nur an den drei Gefäßbündeln erkennbar, der Kanal ist ein einheitlicher Hohlraum, der in tieferen Partien enger wird. Die abgelöste Kutikula ist von einer schleimigen, aber durchsichtigen Masse begrenzt, was mit den Angaben Tschirchs[2] übereinstimmt. *Leucojum vernum* und *Galanthus nivalis* haben drei kleine Griffelkanäle, in denen man die Reste einer Kutikula immer findet. Fig. 6 und 7 beziehen sich auf *Galanthus*. Der Griffel von *Galanthus* ist sehr zart, aber sonst nur durch die Dimensionen von dem Griffel von *Clivia* unterschieden. *Leucojum* dagegen zeigt einen ganz abweichend gebauten Griffel. Die Epidermiszellen haben ähnliche Papillen wie sie die Blütenblätter öfters aufweisen, die verdickte Partie des Griffels, die reichlich Chlorophyll enthält, hat ein schwammiges Gefüge, die großen Parenchymzellen sind locker aneinandergefügt und erscheinen bei dickeren Schnitten maschenartig ineinandergreifend.

Der Inhalt der Zellen, welche die Kanäle umgeben, ist dunkler gefärbt als der der Parenchymzellen und gibt mit Anilinblau kräftige Färbung, besonders in den den großen Kernen zunächstliegenden Partien. Reaktionen auf Fette, Eiweißstoffe, Pektine und Schleime waren von negativem Erfolg, dagegen scheinen die Zellen sehr plasmareich zu sein. Bei Liliaceen konnte ich keine Kutikula im Innern der Griffelkanäle finden, ein einziges Mal sah ich auf einem Schnitt durch den Griffel von *Hyacinthus orientalis* einen kleinen Rest an der inneren Epidermis haften. Hier dürfte die Kutikula also frühzeitig resorbiert werden und es dürften die sie bildenden Substanzen zu anderen Zwecken verwendet werden.

Interessant sind die Verhältnisse bei *Iris*. Untersucht wurde *Iris pumila* und *Iris germanica*. Der Griffel fällt durch seine drei blütenblattartig gebildeten Narbenteile auf, die sich im Innern der Blumenkrone zum Griffel vereinigen. Jedes Narbenblatt hat auf der Oberseite eine Längsfurche, welche durch eine Einstülpung der Epidermis gebildet ist. Zwei Lappen bedecken die Furche. Sie sind außen mit einer Kutikula wie die übrige Epidermis des Narbenteiles bekleidet, innen von Zellen ohne Kutikula begrenzt, und zeigen, ebenso wie die anderen Epidermiszellen dieser Furche, einen Zellinhalt, der demjenigen gleicht, der für *Narcissus* beschrieben wurde. Bei einem Griffel einer eben erblühten *Iris germanica* waren diese Zellen reichlich mit Stärke erfüllt, die durch die Jodreaktion ohne weiteres erkennbar sind. Dies ist ein seltener Fall, da Stärkekörner im allgemeinen in Epidermiszellen nicht vorkommen. Die Narbenblätter verwachsen nun an den Außenrändern und neben der Furchenbildung, also an sechs Stellen. Dadurch entstehen drei Hohlräume, die mit Kutikula ausgekleidet sind, ferner im Innern drei sich vereinigende Hohlräume, die keine Kutikula besitzen, sondern von den stärkehältigen oder plasmareichen Zellen umgeben sind. In der Epidermis, welche die drei erstgenannten Hohlräume auskleidet, kann man wiederholt Spaltöffnungen finden, wie sie am Außenrand des Griffels und auf beiden Seiten der Narbenblätter häufig vorkommen. Eine Spaltöffnung im Innern eines Griffels ist ein ganz überraschender Anblick, wenn man nicht die phylogenitische Entstehung bedenkt. Weiter unten wird diese Kutikula resorbiert, sie entspricht derjenigen, welche bei *Clivia* etc. die Nähte bildet, es entsteht ein einheitliches Parenchym. Der dreiteilige Kanal im Innern kann bis in den Fruchtknoten verfolgt werden. In den tieferen Partien findet man in den auskleidenden Zellen bei beiden Arten immer reichlich Stärke. Es liegt also die Ansicht nahe, daß in den höher liegenden Partien die Stärke in Zucker umgewandelt wird, welcher als Reizmittel auf den Pollenschlauch wirken kann. In tieferen Partien, in der Nähe des Fruchtknotens, sieht man wieder drei von Kutikula bekleidete Hohlräume, diese sind die oberen Endigungen der drei Fruchtknotenfächer; in der Wand (späteres Endokarp) treten wieder häufig Spaltöffnungen auf. In diese Hohlräume öffnet sich nun an jener Stelle das stärkeführende Gewebe des zentralen Kanals, wo oben die innere Verwachsung der Narbenblätter stattgefunden hat, so daß ein ununterbrochener Verlauf des leitenden Gewebes von dem Narbenblatt bis zur Samenanlage zustande kommt.

---

[1] Wiesner J. und Fritsch K., Organographie und Systematik der Pflanzen, 3. Aufl. 1909, p. 170.

[2] Tschirch, l. c.

Bei *Gladiolus* sind die Narben seitlich zusammengedrückte, nach innen offene Röhren, die an den Rändern Papillen tragen, deren Inhalt an die bei Liliaceen beobachteten Drüsenzellen erinnert. Diese Narben haben auch an den inneren Wänden (der morphologischen Oberseite) eine Kutikula, welche dann, wenn die Narbenteile sich zum Stylus zusammengeschlossen haben, bis dicht über den Fruchtknoten erhalten bleibt. Hier verschwindet sie allmählich, ist im Fruchtknoten nicht mehr vorhanden und es öffnet sich das leitende Gewebe gegen die Samenanlagen *(Gladiolus comm.)*.

Der Griffel von *Crocus lutea* besitzt innen einen dreiteiligen Kanal, in dem die Kutikula bis in den Fruchtknoten hinein beobachtet werden kann. Die Zellen, die den Kanal umgeben, erinnern an die bei *Narcissus* beschriebenen und enthalten niemals Stärke. Interessant ist, daß bei den Griffeln von *Crocus lutea*, *Crocus imperialis* und *Crocus versicolor* der obere Teil des Fruchtknotens sich als Hülle um den Griffel legt, außen und innen von einer Kutikula bekleidet ist und, den Griffel gleichsam stützend, ihn fast zur Hälfte seiner Länge umgibt. Wie diese Verhältnisse bei anderen *Iris*-Arten sind, konnte vorläufig nicht festgestellt werden.

Bei *Canna indica* ist der Griffel ganz unsymmetrisch gebaut. Es ist nur seitlich ein kleiner Griffelkanal vorhanden, indem die Reste einer Kutikula deutlich sichtbar sind. Es macht den Eindruck, als ob ebenso wie die sechs Staubblätter bis auf eines korollinisch ausgebildet sind, auch zwei der Fruchtblätter ihre Funktion als Leitorgan aufgegeben haben und nur das dritte noch mit dem einen Kanal die Arbeit leistet. Der ganze Querschnitt durch den Griffel gleicht mehr dem eines Blumenblattes als dem eines Griffels.

Von Orchideen wurden vorläufig nur *Cephalanthera longifolia* und *Coelogyne massangeana* untersucht. Eine Kutikula im Innern des Griffelkanals konnte bis jetzt nicht beobachtet werden. Der Kanal ist nicht dreiteilig, sondern es gehen von einem etwas breiteren Mittelteil rechts und links zwei gebogene Stücke aus. Die Zellen sind englumig, die Membranen sind verschleimt, was durch die Reaktion mittels Kupfersulfat und Kalilauge an der hellblauen Färbung der Gewebepartien leicht kenntlich ist.[1] Bei *Cephalanthera* ist das Gynostemium zarter, folglich auch die sonst gleichen Verhältnissen entsprechend kleineren Maßstabs.

Weitere Untersuchungen über das Vorkommen einer Kutikula sind im Gange und es sei jetzt nur darauf hingewiesen, daß auch bei dikotylen Blüten eine Kutikula beobachtet werden konnte. Unter anderem im Griffelkanal von *Digitalis purpurea*, dessen zweiteilige Narbe an der Oberseite mit Papillen bedeckt ist, die mit einer feinen Kutikula überzogen sind. Im Innern des Griffels befinden sich kleine drüsige Zellen, die den Kanal umgeben, in sehr lockerem Gefüge stehen und zwischen denen sich lose die abgelöste Kutikula befindet. Diese leitenden Zellen sind in mehreren Reihen vorhanden und werden von einem Ring zarter kollenchymatischer Zellen umgeben. Es wird interessant sein, zu untersuchen, wie die Verhältnisse bei jenen Pflanzen liegen, bei denen die Zahl der Griffel mit der Zahl der Fruchtfächer nicht übereinstimmt, was weitere Untersuchungen aufklären sollen.

2. Bau und Verlauf des Drüsengewebes im Griffelkanal einiger Liliaceen.

Die von den in der Einleitung aufgezählten Autoren beschriebenen Drüsenzellen konnten im Griffelkanal mehrerer Liliaceen beobachtet werden. Untersucht wurden: *Hyacinthus orientalis*, *Muscari racemosa*, *Scilla maritima*, *Convallaria majalis*, *Veltheimia capeneis*, *Kniphophia uvaria*, *Tulipa hortensis*, *Lilium Martagon*, *Lilium candidum*, *Fritillaria imperialis*, *Ornithogalum Bouchéanum* und *O. collium.*

---

[1] Molisch H., Die Mikrochemie der Pflanze, II. Aufl., Jena 1921, p. 349.

Der Querschnitt des kurzen Griffels von *Hyacinthus orientalis*, der in allen Gärten gezogenen Gartenhyazinthe, zeigt einen deutlichen weiten, dreiteiligen Kanal, in dem man nur an Schnitten dicht unter der dreiteiligen Narbe kleine Restchen einer Kutikula an der einen oder anderen, der den Kanal auskleidenden Zellen sehen kann. Tiefer unten werden diese Zellen papillös und weisen einen stark lichtbrechenden Inhalt auf. Auch am äußeren Rande der drei Gefäßbündel sind die Zellen mit der gleichen Masse erfüllt. Scharlachrot wird von diesem Zellinhalt nicht gespeichert, wohl aber wird mit Anilinblau intensive Blaufärbung erzielt. Bei Behandlung mit Rutheniumrot = Rutheniumsesquichlorid in ammoniakalischer Lösung tritt langanhaltende Weinrotfärbung ein, was nach Mangin[1] den Schluß auf Pektine gestattet, die hier reichlich angesammelt sind.

Die Griffel von *Muscari rac.*, *Scilla mar.* und *Kniphophia uv.* weisen keine Besonderheiten auf und ähneln in ihrem Bau dem eben beschriebenen. Am Außenrande dieser sowie aller folgenden Liliaceengriffel konnten stets deutliche Spaltöffnungen beobachtet werden. Sie haben in den unteren Partien eine größere Atemhöhle als in den oberen, sind häufig etwas eingesenkt und ihre Schließzellen zeichnen sich durch dicke Membranen aus. Im Griffelkanal von *Convallaria majalis* ist eine Reihe papillös vorgewölbter Zellen vorhanden. Eine Kutikula konnte jedoch niemals beobachtet werden und wenn Tschirch[2] diesen Fall als den einfachsten für die Bildung einer kolloidalen Schicht als Gleitzone mit *Narcissus* zusammen erwähnt, so kann das nur so aufgefaßt werden, daß in beiden Fällen nur eine Reihe von Kanalzellen vorhanden ist, wobei ich aber glaube, daß die Membran von *Narcissus* tatsächlich eine kolloide Absonderung gegen die abgehobene Kutikula ausscheidet, in der sich der Pollenschlauch abwärts bewegen kann, während es bei *Convallaria* sowie bei allen untersuchten Liliaceen den Anschein hat, als ob die Absonderung eines Reizmittels auf den Pollenschlauch vom Plasmakörper der Zelle ausgeht, worauf auch die großen Kerne dieser Zellen hinweisen. Der Griffel von *Veltheimia* besitzt drei Kanäle. Das Parenchym ist sehr locker und zartwandig. Die Kanalzellen gleichen denen von *Hyacinthus* und lassen sich ebenfalls bis in den Fruchtknoten verfolgen.

Den Verlauf des Drüsengewebes verfolgte ich eingehend an vollständigen Schnittserien durch den Griffel und Fruchtknoten von *Tulipa hortensis*, von der es in Lehrbüchern allgemein heißt, daß die Narbe unmittelbar dem Fruchtknoten aufsitze. Da aber ein zirka 4 *mm* langes Stück unter der Narbe ganz gleich dem Griffel einer Lilie oder einer Kaiserkrone gebaut ist, und erst nach dieser Zone die Plazentabildung beginnt und der Ansatz der Samenknospen, so glaube ich dieses Stück als Griffel bezeichnen zu können. Auf Tafel I ist in Fig. 2 ein kleines, schematisches Bild dieser Verhältnisse gegeben. Die Figuren 10, 11, 12, 13 (p. 4) der Textabbildungen geben schematische Darstellungen der Verteilung des Drüsengewebes, welches dunkler gehalten wurde. Die Verwachsung der drei Narbenteile, die nicht nur an der Innenseite sondern auf der ganzen Oberfläche mit ein- bis mehrzelligen Drüsenhaaren bedeckt ist, findet an den Außenrändern statt, so daß ein dreiteiliger Kanal frei bleibt.

---

[1] Mangin L., Sur l'emploi du rouge de ruthenium en anatomie végétale (Comptes rend., 1893, t. 116, p. 653).

[2] Tschirch, l. c.

Diese Narbenpapillen sind vielfach in Lehrbüchern abgebildet. Unter der Verwachsungsstelle teilt sich das Gefäßbündel, von dem man Endigungen in den Narbenteilen sieht. Dieses Gefäßbündel kann dann an der Nahtstelle bis in die tiefsten Teile verfolgt werden. Der Kanal wird nach unten enger und kleiner. Die Drüsenzellen entsprechen ganz den von Schürhoff[1] gegebenen Beschreibungen der Drüsenzellen von *Lilium Martagon.* Sie zeigen sehr große Kerne, die oft fast den ganzen Zellraum füllen. Der dreiteilige Mittelkanal öffnet sich gegen das Gefäßbündel zu, in tieferen Lagen zu drei neuen Kanälen, deren nach innen gekehrte Wand von dem Drüsengewebe bekleidet ist (Fig. 12). Diese Wand wird von einem Gewebestrang durchbrochen, der sich dann zur Bildung der Samenanlagen einrollt (Fig. 13). Fig. 1 auf Tafel I zeigt dies im Längsschnitt auf einem Querschnitt durch den Fruchtknoten. Deutlich läßt die Färbung mit Alaunkarmin die Drüsenzellen an ihren enormen Kernen erkennen. Es ist demnach ein vollkommener kontinuierlicher Zusammenhang der Drüsenschichte von der offenen Narbe bis zur Mikropyle vorhanden, so daß der Pollenschlauch mit größter Leichtigkeit den Weg zu derselben finden kann; ein Durchwachsen von Gewebepartien ist hier durchaus nicht notwendig.[2]

Es sei bei dieser Gelegenheit erwähnt, daß von der gegen das Gefäßbündel liegenden Seite der drei Fruchtknotenfächer mehrzellige Drüsenhaare in das Innere zwischen die zwei Samenknospenreihen hineinragen. Es kommen ferner in jeder Parenchymzelle, besonders im oberen Teil des Griffels, Öltropfen vor, die sich nach Behandlung mit Scharlachrot lebhaft und dauernd färben. Es ist ätherisches Öl, was auf analoge Weise nachgewiesen wurde wie bei dem Griffel von *Echeveria.*[3] Die zahlreichen Spaltöffnungen haben starke Kutikularleisten und fallen besonders auf der Narbe auf, wo sie auch zwischen den Papillen vorkommen.

Im Handbuche Organographie und Systematik der Pflanzen von Wiesner-Fritsch[4] wird der Griffel von *Fritillaria* als Übergangsbildung zwischen den drei Griffeln von *Colchicum* und dem einen Griffel von *Lilium* angeführt. Dieser Griffel wurde aus anderen Gründen besonders genau untersucht und es konnte folgendes festgestellt werden. Die drei Narbenteile, die nicht sehr weit auseinanderweichen, sind leicht eingerollt und sind an der Innenseite, aber auch an der Außenseite dicht mit Trichomen bedeckt, die meist einzellig sind. Zwischen diesen und auch sonst auf der ganzen Oberfläche sind wieder zahlreiche Spaltöffnungen. An der Innenseite erscheinen die Zellen bald nach dem Verwachsen der Narbenteile als das bereits bekannte Drüsengewebe. Die Verwachsung erfolgt an den Rändern der nur wenige Zellschichten zählenden Narbenteile, so daß ein ziemlich weiter, einheitlicher, dreiteiliger Kanal entsteht. Kutikula ist innen keine vorhanden, das Drüsengewebe aber läßt sich leicht bis zu den Samenanlagen verfolgen, die sehr schön entwickelt sind und bei denen wieder jedes Integument sowie die Embryosäcke mit eigener Kutikula bekleidet sind. Anatomisch ist also kein Unterschied gegenüber dem Griffel vom *Lilium*, nur daß die Narbenteile etwas anders geformt sind.

---

[1] l. c.

[2] Wie auch Straßburger schon angenommen hat (vgl. p. 3).

[3] Vgl. p. 13.

[4] l. c., p. 174.

Die Drüsenzellen sind an Größe und Form nicht sehr von den früheren unterschieden, doch ist es hier mit einiger Sicherheit gelungen, den Inhalt derselben festzustellen. Um eine Kontrolle zu ermöglichen, seien hier einige Reaktionen angeführt:

1. Stärkereaktion — negativ,
2. Millons Reagens — auf Eiweis — negativ,
3. Sudan III Glyzerin — Inhalt derselbe Farbton wie die Kutikula des Außenrandes,
4. Anilinblau — intensive Blaufärbung, dunkler als die Plasmainhalte der anderen Zellen,
5. Scharlachrot — keine Färbung,
6. Rutheniumrot — keine Färbung,
7. Kupfersulfat und Kalilauge — hellblaue Färbung der Zellinhalte,
8. Zuckerreaktion nach Molisch.[1] α-Naphthol und konzentrierte Schwefelsäure ergab zarte Rotlilafärbung im selben Farbton wie es die Kontrollreaktion auf den Nektarien am Grunde der Korollblätter ergab. Es dürften also in diesen Zellen zuckerhaltige Schleime abgesondert werden, womit die Reizwirkung dieser Zellen genügend erklärt wird. Man kann sich diese Erscheinung sehr gut so erklären, daß die Stoffe, welche die Pflanze zur Kutikulabildung brauchen würde, hier zur Bildung dieser Reizstoffe verwendet werden. Dort, wo keine Reizstoffe mehr nötig sind, an den Integumenten (das Drüsengewebe reicht ja bis zu den Samenanlagen), ist die Kutikula wieder ausgebildet.

Auf diese Art ist die Entstehung aller bisher genannten Griffel aus der Verwachsung dreier Fruchtblätter zu erklären, gleichviel ob innen eine Kutikula vorhanden ist oder fehlt. Durch die mehr oder weniger verdickten Membranpartien der Drüsenzellen aus dem Innern des Kanals diffundiert das Sekret. Die Drüsenzellen und Papillen der äußeren Epidermis haben eine feine Kutikula.

Von den bisher beschriebenen Typen weicht der Bau des Griffels von *Ornithogalum Bouchéanum* einigermaßen ab. Es finden sich in den inneren Drüsenzellen des Griffelkanals, die in Fig. 4 auf Tafel I abgebildet sind, Tropfen aetherischen Öles, ebenso sind in den äußeren Parenchymschichten häufig ganze Ansammlungen dieser Tropfen. Eine Differenzierung derselben von den Zellkernen erzielt man durch Behandlung mit Anilinblau. Die Kerne und Plasmareste erscheinen blau, während die Tropfen ungefärbt bleiben, dagegen erzielt man kräftige Färbung mit Scharlachrot. Die äußere Epidermis zeigt einen ganz auffälligen Anblick (Fig. 5 auf Tafel I). Am Querschnitt fallen die Kutikularschichten unter der Kutikula auf, welche mit Chlorzinkjod braun werden und in ziemlich regelmäßigen Abschnitten Buckel aufweisen. Die darunterliegenden, nach innen verdickten Membranpartien geben Zellulosereaktion. Am Oberflächenschnitt, Fig. 6, sieht man, daß diese Buckel kleinen Kratern gleichen, von denen Leisten strahlenförmig ausgehen. Da mit Rutheniumrot intensive, dunkle Weinrotfärbung dieser Partien eintritt, kann man annehmen, daß sie verschleimen, was damit übereinstimmt, daß sich der Griffel sehr glatt anfühlt. Außer den Öltröpfchen sind auch kleine feste glänzende Einschlußkörper vorhanden, die an die bei *Hyacinthus* beschriebenen erinnern. Die Narbenpapillen sind in Fig. 3 auf Tafel I dargestellt. Sie sind sehr groß, sehr dickwandig und besitzen riesige Kerne. Dies spricht für sezernierende Tätigkeit. Im ganzen Griffel finden sich zahlreiche Raphidenschläuche, wie sie für *Galanthus*-Fruchtknoten bekannt sind.

---

[1] Molisch, H. l. c., p. 118.

Es wurde auch eine zweite Art, *Ornithogalum collinum*, untersucht. Der Bau des Griffels ist ganz gleich. Raphiden kommen in gleicher Menge vor, die Öltröpfchen fehlen aber hier in den äußeren und inneren Zellreihen. Letztere sind so gebaut, wie bei den früher beschriebenen Gattungen. Dagegen ist die Verschleimung der äußeren Gewebepartien weiter vor sich gegangen, die deutliche starke Rotfärbung bei Behandlung mit Rutheniumrot erstreckt sich auf mehrere Zellreihen nach dem Innern zu.

Die Griffel von *Lilium martagon* und *Lilium candidum* zeigen gar nichts besonderes im Bau. Die Narben, so kompakt sie erscheinen, sind an der Stelle, wo der Griffelkanal sich bildet, offen. Die oben erwähnte Reaktion auf Zucker gab auf der frischen Narbe eine sehr zarte Lilafärbung, was auf ganz geringe Mengen Zucker schließen läßt.

Schürhoff[1] beschreibt zwei kernige Zellen im Innern des Griffelkanals von *Lilium martagon.* Ich habe weit über hundert Schnitte durch diese Partien untersucht, die Schnitte waren meist so dünn, daß zweifellos nur eine Zellschichte getroffen war. Die Kerne waren mit Alaunkarmin gefärbt, so daß ein Übersehen ganz unmöglich war, dennoch konnte ich wohl sehr große Kerne, oft abweichend geformte Kerne, finden, doch niemals zwei Kerne in einer Zelle. Vielleicht sind besondere äußere Umstände erforderlich, um diese Zweikernigkeit zu bewirken. Es wurden mit *Lilium Martagon* und *Lilium candidum* Bestäubungsversuche in der bekannten Art vorgenommen. Die Griffel wurden 24, 36, 48 und 60 Stunden nach der Bestäubung in 96 $^0/_0$ Alkohol fixiert und dann untersucht. Bei *Lilium Martagon* waren die Pollenschläuche nach 48 Stunden sechs Zellschichten unter die Narbe eingedrungen, während die erst 24 Stunden lang in zehnprozentiger Zuckerlösung zum Keimen gebrachten Pollenkörner doppelt so lange Schläuche besaßen. Die

---

[1] Schürhoff, l. c., p. 192.

Name der Blüte	aufgeblüht	bestäubt	fixiert	Schnitte			
				1 *cm*	2 *cm*	3 *cm*	tiefer
				unter der Narbe			
Lilium Mart. Bl. I.	6./VI. 7^{h}	6./VI. 18^{h} 30	8. VI. 8^{h}	Pollenschlauch bis Narbenansatz	—	—	—
Bl. III.	6./VI. 17^{h}	6./VI. 18^{h} 40	9./VI. 8^{h}	Pollenschlauch 3 Zellreihen unter der Narbe	—	—	—
Lilium cand. Bl. A.	18./VI. 21^{h}	18./VI. 21^{h} 30	22./VI. 8^{h}	viele Pollenschläuche füllen den Kanal	einzelne Pollenschläuche im Kanal	ein Schlauch	—
Bl. B.	18./VI. 15^{h}	19./VI. 7^{h}	22./VI. 8^{h}	viele Pollenschläuche füllen den Kanal	wenige Schläuche	—	—
Bl. E.	20. bis 21./VI. Nacht	21./VI. 12^{h}	22./VI. 8^{h}	zahlreiche Schläuche	einzelne Schläuche	—	—
Bl. M.	21./VI. 19^{h}	21./VI. 19^{h} 15	22./VI. 8^{h}	zahlreiche Schläuche in der Narbe	—	—	—

Konzentration des Zuckers muß also in den Drüsenzellen eine viel geringere sein. Dies stimmt auch mit der schwachen Reaktion auf p. 10 überein. Bei *Lilium candidum* fand ich die längsten Pollenschläuche nach 60 Stunden zirka 3 *cm* unter der Narbe im Griffelkanal. Vorstehende Tabelle gibt eine Vorstellung dieser Tatsachen.

Man kann beobachten, wie die Pollenschläuche durch den offenen Narbenraum in großen Massen in den Griffelkanal eindringen und diesen oft ganz ausfüllen. Die Äußersten eilen am weitesten voraus, sich eng an die Kanalzellen schmiegend. Fig. 7 auf Tafel I zeigt ein kleines Stückchen der Drüsenzellen mit dem darüberliegenden Schläuchen, die hier so plasmareich sind, daß sie durch Färbung mit Alaunkarmin sehr deutlich sichtbar werden. In den Narbenteilen kann man das Schlängeln der Schläuche um die Papillen leicht beobachten, doch niemals ein Eindringen in das Narbengewebe, sondern alle Schläuche suchen den Kanal zu erreichen. Man kann allerdings auch des öfteren Schläuche beobachten, die von ihrem Wege abirren und ins Freie wachsen. Dies kann man mit der Lupe an der unverletzten bestäubten Narbe sehen. Die Versuche waren an abgeschnittenem Material ausgeführt worden, es waren also ungünstigere Bedindungen als im Freien, wenn auch die Blüten in frischgewechseltem Wasser im sonnigen, warmen und luftigen Versuchsraum gestanden sind. Die Versuche werden deshalb an im Freien stehenden Objekten wiederholt werden, um einwandfrei feststellen zu können, wie lange es dauert, bis ein Pollenschlauch den weiten Weg von der Narbe bis zur Samenanlage zurücklegt. Besonders interessant dürfte dies bei *Colchicum autumnale* sein, das ungemein lange Griffel besitzt.

3. Ätherisches Öl im Griffel von Echeveria imbricata.

Die untersuchten Pflanzen stammen aus den Glashäusern des Wiener Botanischen Institutes. Die Pflanzen blühten im Jänner sehr reich, so daß Griffel von verschiedenen Exemplaren untersucht werden konnten. Kurz nach Öffnen der Blüte bemerkt man an jeder Spitze der fünf apokarpen Griffel einen leuchtenden Tropfen. Bringt man diesen auf einen Objektträger und setzt Scharlachrot zu, so erzielt man eine kräftige Farbstoffspeicherung in dem Tropfen. Das gleiche Ergebnis liefert der Zusatz von Sudan III-Glyzerin. Der Glanz des Tropfens ließ auf eine Ölabsonderung schließen. Um zu entscheiden, ob es sich um fettes oder ätherisches Öl handelt, wurde die Reaktion von Mesnard[1] ausgeführt. Im hängenden, stark süßen Glyzerintropfen wurden Schnitte und auch ganze Griffelspitzen der Einwirkung von Salzsäuredämpfen, die sich auf dem Objektträger zwischen den Ringen befand, ausgesetzt. Die rasch auftretenden und gleich wieder verschwindenden Öltröpfchen ließen mit Sicherheit auf ätherisches Öl schließen. Die Herkunft dieses Öles wurde mittels mehrerer Schnittserien durch ganze Griffel festgestellt. Die Schnitte wurden sofort in Scharlachrot untersucht, um das ölhältige Gewebe leichter aufzufinden. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist folgendes: Auf einem Querschnitt durch die Übergangszone zwischen Fruchtknoten und eigentlichem Griffel, die äußerlich gar nicht sichtbar wird, sieht man vor allem den Raum, in dem sich die Plazenta aus den einwärtsgerollten Fruchtblatträndern bildet. Das spätere Endokarp ist mit einer Kutikula versehen, die sofort durch Speicherung des roten Farbstoffes auffällig wird. Zu beiden Seiten des Einschnittes ist ein Zellkomplex bemerkbar, dessen Zellen viel inhaltsreicher erscheinen und kleiner als die Nachbarzellen sind. Weiter oben legen sich die Fruchtblattränder enger zusammen, es entsteht eine Kutikularnaht; die inhaltsreichen Zellen nehmen einen bedeutend größeren Raum ein. In der nächst höher liegenden Partie kann man das beginnende Verschmelzen der bedeutend vermehrten Zellen beobachten, sowie auch die ersten Andeutungen der Rotfärbung. Unter der Griffelspitze endlich sieht man nur mehr einen das Sekret führenden Zellkomplex, der den größten Teil des Querschnittes einnimmt Fig. 8 auf Tafel I. Im Innern ist das intensiv rotgefärbte Sekret als Flüssigkeitstropfen vorhanden. Der Hohlraum, der die Samenanlagen umschließt, ist auf jedem höher geführtem Schnitt enger, bildet endlich nur mehr einen kleinen, von Kutikula ausgebildeten Spalt, um dann ganz zu verschwinden. Ein Zusammenhang zwischen dem Ölkanal und der Fruchtknotenhöhlung ist also nicht vorhanden.

---

[1] Mesnard E., Rech. sur le mode de production de parfum de la fleur. Compt. rend. 1892, T. 115, p. 892.

Fig. 9 stellt einen schematischen Längsschnitt durch ein Fruchtblatt dar und den an der Spitze austretenden Öltropfen. Um einigen Aufschluß darüber zu erhalten, welchen Vorteil die Pflanze von dem im Griffel gebildeten ätherischen Öl ziehen könne, wurden die Filamente, die Blütenblätter und die Spitzen der ersten Laubblätter dicht unter den Blüten, die makroskopisch betrachtet, eine gewisse Ähnlichkeit mit den Griffelspitzen haben, untersucht. Ätherisches Öl wurde nirgends gefunden. Es liegt die Annahme nahe, daß durch das Vorhandensein des Öles der Griffel längere Zeit empfängnisfähig bleibt, wenn nicht das ätherische Öl selbst eine Duftwirkung auf Insekten ausübt, da die Pflanze in ihren übrigen Teilen geruchlos ist. Auch das Haftenbleiben der Pollenkörner wird in erhöhtem Maße erreicht, die Griffel sind dicht mit denselben bedeckt. Es mag von Interesse sein, daß sowohl in den ganz jungen, noch geschlossenen Blüten der mit Öl gefüllte Griffelkanal schon vorhanden ist, als auch in verwelkten Griffeln noch Reste des ätherischen Öles gefunden werden. Die Untersuchung des Griffels von *Echeveria gibbifolia* ergab den gleichen anatomischen Befund und auch das ätherische Öl wurde festgestellt.

4. Verholzte Epidermis und verholzte Gewebepartien.

Der Griffel von *Nicotiana affinis* fällt durch seine Steifheit auf, sowie auch die Blütenkronröhre gegen das Zerreißen sehr widerstandsfähig erscheint. Querschnitte durch die untere Partie der Blüte zeigen die seltene Erscheinung von deutlicher Verholzung der Kutikularschichten an Epidermen. Fig. 10, Taf. I zeigt eine kleine Übersicht. Im Innern sieht man den außen verholzten Griffel hierauf den Kreis der Staubgefäße, welcher von der auf der Innenseite verholzten Blumenkronröhre umgeben wird. Die äußere Epidermis der letzteren zeigt wohl stark verdickte Wände, doch geben diese deutliche Zellulosereaktion. Die Verholzung kann in der bekannten Weise mittels Phlorogluzin-Salzsäure nachgewiesen werden. Molisch schreibt in seiner Mikrochemie der Pflanze auf p. 342: »Es können auch Korkzellen, zuweilen auch Epidermiszellen verholzen«, daß diese seltene Erscheinung an einem so zarten Gebilde, wie es der Griffel ist, beobachtet wird, ist daher auffällig (vgl. Fig. 11 auf Tafel I). Die verholzte Epidermis des Griffels wird ziemlich häufig von erhabenen Spaltöffnungen unterbrochen, die je ein bis zwei Nebenzellen haben. Der sonstige Bau des Griffels zeigt nichts auffallendes. Ein Griffelkanal im eigentlichen Sinne ist nicht vorhanden, es treten nur Risse oder Spalten im Leitgewebe auf. Dieses ist sehr englumig, die inhaltsreichen Zellen gleichen den analogen Zellen der bisher beschriebenen Griffel. Die Membranen jedoch sind gequollen und man könnte mit Mellink[1] von Interzellularsubstanz, die er bei Wunden in Blättern beobachtet, sprechen. Sie sind stärker lichtbrechend als die Membranen der anderen Zellen und färben sich erst nach Behandlung mit Salzsäure, bei Zusatz von Chlorzinkjod violet. Nach der Veraschung bleibt ein ausgiebiges Aschenskelett zurück, welches bei Zusatz von Salzsäure verschwindet. Bei Zusatz von Schwefelsäure bilden sich die bekannten monoklinen Nadeln des Gipses. Es handelt sich hier also um einen etwas höheren Grad von Kalkeinlagerung in die Membran. *Nicotiana tabacum* zeigt denselben Bau des Griffels, die Spaltöffnungen sind hier seltener, das Aschenskelett zarter.

Eine verholzte Epidermis weist auch die einem Griffel morphologisch gleichkommende obere Endigung der weiblichen Blüte von *Richardsonia Aethiopica (Calla aethiopica)* auf. Auch die nächstfolgende Zellreihe hat meist verholzte Membranen. In den oberen Partien des Griffels ist auch eine zentralgelegene Gewebepartie verholzt, und zwar schreitet die Verholzung gegen die Spitze zu fort. In der Mitte des Gewebes bleibt ein Kanal frei, welcher ein stärker lichtbrechendes Sekret enthält. Den Nachweis der Natur dieses Sekretes muß ich mir für später vorbehalten. In tieferen Partien sieht man nur eine verholzte Zellreihe, die ganz unten vollständig verschwindet. Hier liegen einzellige ziemlich lange Drüsenhaare, welche das Sekret liefern. Die Haare nehmen nach oben zu an Größe ab und sind im obersten Teil des Griffels, welcher die starke auf fünf bis sechs Zellreihen sich erstreckende zentrale Verholzung zeigt, ganz verschwunden. Das Sekret tritt an der Spitze frei aus. Diese Erscheinung kann man sich wohl so begründen, daß der durch das Umherkriechen der kleinen Insekten im unteren Teile der weißen Spatha herbeigeschaffte Pollen an den Sekrettröpfchen haften bleibt und dann seinen Weg zu den drei Fruchtknotenfächern findet. Dieses weibliche Blütenorgan zeigt noch weitere Besonderheiten, die hier erwähnt werden müssen. Am Außenrande sind in der verholzten und tiefer unten in der unverholzten Epidermis einfache, nicht hervortretende kleine, schwer auffindbare Spaltöffnungen vorhanden. Ganz gleiche finden sich auch am späteren Endokarp; die Schließzellen unterscheiden sich nur durch ihren Stärkeinhalt und die verdickten Wände an den sich gegenseitig zugekehrten Seiten von den benachbarten Epidermiszellen. Die Atemhöhle ist sehr klein. Der ganze Blütenkörper ist ferner in mehr oder weniger regelmäßigen Abständen von Raphidenschlauchzellen durchsetzt. Die Kalkoxalatnatur dieser sehr zahlreich auftretenden Nadelbündel wurde festgestellt. Außer diesen sind aber in eigenen, größeren Zellen, oder von der Endokarpwandung abstehend, Klumpen einer Substanz enthalten, welche, mit konzentrierter Salzsäure behandelt, teilweise verschwinden, und ein sich mit Chlorzinkjod braun färbendes Skelett zurücklassen. Die nähere Untersuchung dieser Einschlußkörper muß für später verschoben werden.

---

[1] **Mellink**, Zur Thyllenfrage. Bot. Ztg., 1886, p. 745.

Verholzte Griffelpartien wurden ferner für einige Griffel aus der Familie der Papaveraceen festgestellt. Nachdem selbst in der großen Arbeit von Murbeck[1] keine Erwähnung dieser Erscheinung vorkommt, so sei hier kurz folgendes gesagt. Der Griffel von *Corydalis cava* fällt, wenn die Blütenhülle abgefallen ist, durch seine Derbheit auf. Ein Querschnitt durch denselben zeigt vier Sicheln verholzten Gewebes, zwei größere an den beiden Seiten, zwei kleinere an der Ober- und Unterseite. (Unten bedeutet hier der Achse zugekehrt.) Die Holzsicheln umgeben die vier Gefaßbündel auf der Außenseite, lassen aber einen Zwischenraum frei. Die Epidermis ist nicht verholzt. Ganz analog ist der Bau des Griffels von *Dicentra spiciosa*. Hier sind die verholzten Partien größer, was mit der großen Steife des Griffels übereinstimmt, welcher gleich einem Skelettstück dei ganzen weichen Blüte Halt gibt und zum Teil auch die eigentümliche Form verleiht, denn es sieht aus, als ob die zarten Blütenteile sich an den Griffel klammern würden. Ähnlich ist auch der Griffel von *Chelidonium majus* gebaut. Die zarten Blüten unserer einheimischen *Fumaria*-Arten dürften sich auch auf den Griffel stützen. Die Narbe des ganz jungen Mohnfruchtknotens zeigt verholzte Partien, denen unverholzte Zellen bleiben, die das Eindringen des Pollens erleichtern und später das Austreten des Samens ermöglichen. Hieruber sind Untersuchungen im Gange.

---

[1] Murbeck S. W., Untersuchungen über den Blütenbau der Papaveraceen. Kungl Svenska Vetenskapsakdd. Handlingar, Bd. 50, Nd. 1912.

Zusammenfassung.

In den Lehrbüchern der Pflanzenanatomie ist das Hauptgewicht auf die Darstellung der anatomischen Verhältnisse der Vegetationsorgane gelegt, während die Anatomie der Fruktifikationsorgane meist sehr kurz gefaßt ist. Es dürfte daher vielleicht nicht unerwünscht sein, einiges über den Bau von Blütenteilen feststellen zu können. Die Ergebnisse einiger, aus diesem Gedanken heraus unternommenen, Untersuchungen lassen sich in folgendem kurz zusammenfassen.

1. Im Innern der Griffel findet man des öfteren eine ganz oder teilweise erhaltene Kutikula, deren Vorkommen oder Fehlen ganzen Familien charakteristisch zu sein scheint. Bei Amaryllidaceen konnte die Kutikula bei allen untersuchten Arten festgestellt werden. Bei Liliaceen wurde sie nur in einem einzigen Fall, ausnahmsweise als spärliches Restchen, gesehen, sonst fehlte sie stets. Bei *Iris* fehlt die Kutikula, bei *Gladiolus* und *Crocus* ist sie vollkommen erhalten, ebenso bei *Canna*. Bei zwei Orchideen, die untersucht wurden, ist keine Kutikula im Innern nachweisbar.

2. Der Verlauf des Drüsengewebes im Innern des Liliaceengriffelkanals ist ein kontinuierlicher von der Narbe bis zu den Samenanlagen. An den Integumenten, der Samenanlage, am Embryosack, oft an der inneren Epidermis des Fruchtknotens, ist eine Kutikula vorhanden, woraus die Annahme hervorgeht, daß die eine Kutikula bildenden Stoffe durch das kutikulafreie Drüsengewebe verbraucht und ausgeschieden werden.

3. An mehreren Griffeln wurde Absonderung ätherischen Öles in eigenen Gewebepartien in so reichem Maße festgestellt, daß der ganze Griffelkanal davon erfüllt ist (*Echeveria*).

4. Mehrere Griffel zeigen verholzte Gewebepartien, denen mechanische Wirkungen zugeschrieben werden können. In zwei Fällen wurden auch verholzte Epidermen nachgewiesen (*Nicotiana* und *Calla*).

Daß auch an Griffeln Spaltöffnungen vorkommen können, geht schon aus Arbeiten von Wilhelm und anderer Autoren hervor, ferner liegt eine unveröffentlichte Arbeit von Elise Hoffmann vor, in der vereinzeltes Vorkommen von Spaltöffnungen an Griffeln verzeichnet ist. Aus meinen Untersuchungen ergibt sich nun,

5. daß das Vorkommen der Spaltöffnungen am Griffel weit häufiger ist, als man bisher annahm.

Verzeichnis der Abbildungen.

Sämtliche Abbildungen sind nach freien Handschnitten hergestellt. Die Vergrößerung ist zirka 30mal und 450mal.

Textfiguren (vgl. p. 4):

Fig. 1. Querschnitt durch die drei Narbenteile von *Clivia nobilis.*

Fig. 2. Querschnitt durch die drei sich zum Griffel vereinenden Narbenteile.

Fig. 3. Querschnitt durch den Griffel nahe unter der Vereinigungsstelle der Narbenteile.

Fig. 4. Querschnitt durch den Griffel von *Clivia* in tieferen Lagen.

Fig. 5. Teil aus einem Querschnitt durch den Griffel von *Clivia* (Ende eines Kanalteiles mit der innen losen Kutikula).

Fig. 6. Querschnitt durch den Griffel von *Galanthus nivalis.*

Fig. 7. Teil aus einem Querschnitt durch den Griffel von *Galanthus nivalis* (ein Kanal mit loser Kutikula).

Fig. 8. Querschnitt durch den Griffel von *Narcissus montana.*

Fig. 9. Lose Kutikula in dem einen Ende des Griffelkanals von *Narcissus montana.* *C* = Kutikula in allen Abbildungen.

Fig. 10, 11, 12 und 13. Schematische Darstellung der Verteilung des Drüsengewebes im Innern des Griffels und Fruchtknotens von *Tulipa.* 10, Narbe, 11, 12, 13, Schnitte durch tiefere Lagen. *D* = Drüsengewebe.

Tafel I.

Fig. 1. Längsschnitt durch die Samenanlage auf einem Querschnitt durch den Fruchtknoten von *Tulipa.* *D* = Drüsengewebe.

Fig. 2. Schematische Übersicht des Griffels und Fruchtknotens von *Tulipa.*

Fig. 3. Narbenpapillen des Griffels von *Ornithogalum Bouchéanum.* *K* = Kerne.

Fig. 4. Innere Epidermiszellen des Griffelkanals von *Ornithogalum Bouchéanum.* *Ö* = Öltropfen.

Fig. 5. Äußere Epidermiszellen des Griffels von *Ornithogalum Bouchéanum.* *C* = Kutikularschichte, *Ö* = Öl, *EK* = Einschlußkörper.

Fig. 6. Äußere Epidermiszellen des Griffels von *Ornithogalum Bouchéanum* in Oberflächenansicht.

Fig. 7. Drüsenzellen aus dem Griffelkanal von *Lilium candidum* mit darüberliegenden Pollenschläuchen. *K* = Kerne.

Fig. 8. Querschnitt durch den Griffel von *Echeveria imbricata.* *Ö* = Öl.

Fig. 9. Schematischer Längsschnitt durch den Griffel von *Echeveria imbricata.* *Ök.* = Ölkanal.

Fig. 10. Querschnitt durch die Blüte von *Nicotiana affinis.* *Gr.* = Griffel, *F* = Filament, *Bk.* = Blumenkrone.

Fig. 11. Griffelepidermis von *Nicotiana affinis.* *H* = Holz, *C* = Kutikula.

Leitmeier B.: Anatomie des Griffels.